



# **Balanceamento da linha de produção de um novo autocarro de turismo**

*João Eduardo Oliveira Fonseca*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Osswald



**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2016-01-28

*Família e Amigos*

## Resumo

No âmbito da realização da dissertação em ambiente empresarial, no ramo de Gestão de Produção integrado no Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi proposto realizar um projeto na empresa CaetanoBus- Fabricação de Carroçarias, SA.

Atualmente a particularidade na indústria onde se está incluído, não marca por si só posição no mercado. Esta é conquistada com a vantagem competitiva que se oferece, obtida pela evolução e pela melhoria dos processos produtivos. A CaetanoBus não se desvia do panorama atual. Na procura da sua expansão, volta-se para a internacionalização da marca, onde existe uma enorme competitividade.

Com a encomenda de série do modelo *Double Decker Coach* por parte de uma empresa estrangeira, decidiu-se implementar um programa com o propósito de perceber o número de recursos utilizados para a sua produção, fazendo assim um estudo da linha de produção do modelo para numa próxima série se proceder a uma correta distribuição destes e aumentar assim os lucros que tal acarreta.

A implementação do projeto incidiu principalmente com a retirada de tempos, acompanhado da identificação dos meios auxiliares de produção o que permitiu uma sistematização informática do processo de atribuição de meios à linha. Foram observadas e registadas as operações realizadas na linha de produção e sua duração, agrupando-as em macro-tarefas. Em seguida foram analisados os postos, identificando as operações de maior duração assim como o número de trabalhadores de cada um. Após a análise crítica, identificaram-se oportunidades de melhoria das tarefas mais demoradas e apresentaram-se propostas de solução utilizando ferramentas *Lean*, com o objetivo de otimizar os processos produtivos e os procedimentos utilizados.

Numa aproxima série a implementação do programa reduzirá em aproximadamente 30 % o tempo de produção em três secções, pré-montagem, estruturas e acabamentos, assim como a normalização das operações realizadas. A utilização do balanceamento, solução utilizada com maior propensão a ganhos na produção, permitiu ainda a redefinição da sequência de tarefas a executar. Aquando da introdução do programa temos que ter em conta o fato de estarmos perante operações realizadas manualmente, e haver sempre a resistência humana à mudança.

A introdução destas medidas visa o aumento da produtividade, sustentado na redução de tempos de produção tornando os ganhos monetários superiores.

# **Balancing the production line of a new tour bus**

## **Abstract**

In the context of the completion of this dissertation in a business environment, within the context of the Integrated Production Management branch of the Master in Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Porto, a project was proposed in the CaetanoBus- Vehicles Manufacturing, SA company.

Currently the specificity of this industry is such that it is not a brand-alone position. This is achieved with the competitive advantage that is offered and obtained by evolution and improvement of production processes. The CaetanoBus does not deviate from current commercial products. In search for expansion, the company turns to internationalization of a brand that is enormously competitive.

After reception of an order of the Double Decker Coach model by a foreign company, it was decided to implement a program to determine the resources used for series production. By making a case-study of this production line it is expected that in the future a correct distribution of resources will be possible and thus increase the profit margin associated with the process.

The implementation of the project focused mainly on withdrawal times, accompanied by identification of production aids that allowed a computer systemization of assignment of resources to the production line process. Operations on the production line were observed and the duration of each operation was recorded, grouping them together into macro-tasks. The workstations were then analyzed, identifying the operations of longer duration and the number of workers involved. After reviewing the results, opportunities to improve the most time-consuming tasks were identified, solutions proposed and Lean tools were used to optimize the production processes and procedures.

Implementation of a closed series program will reduce production time by approximately 30% in the sections of pre-assembly, structures and finishes, as well as allowing normalization of transactions. The use of balanced solutions will lead to an increase in gains in production and also allow the redefinition of the task sequence. When the program is introduced it must be taken into account that operations are carried out manually, and some "human" resistance to change is to be expected.

The implementation of these measures is aimed at increasing productivity, creating sustained reduction in production times and making higher monetary gains.

## Agradecimentos

Começo por agradecer aos orientadores deste projeto que me acompanharam ao longo do desenvolvimento do projeto. Ao Engenheiro Ivo Sá por toda a ajuda e disponibilidade demonstrada, pela autonomia que me concedeu ao longo de todo o projeto e pela sua seriedade na orientação. Ao Professor Paulo Osswald por toda a disponibilidade e acompanhamento do projeto, oferecendo-lhe um melhor desenvolvimento e organização.

Aos meus colegas de departamento, Ana Gomes, Rita Afonso e Tiago Godinho pela disponibilidade total e conhecimentos transmitidos.

Ao João Rocha, Ruben Santos, Daniel Sá, Miguel Guedes e Tiago Ferreira pela amizade, companheirismo e entreajuda, e por fim a todo o Departamento de Engenharia de Processo e Manutenção.

A todos os colaboradores pertencentes à linha de produção do DD Coach, que pela sua simpatia e camaradagem proporcionaram a minha integração nas equipas de trabalho e me ajudaram com conselhos e críticas construtivas para a elaboração do projeto.

A todos os meus amigos de faculdade pela compreensão, ajuda e boa disposição em todos os momentos passados na vida académica assim como aos meus companheiros de batalha dentro das quatro linhas por toda a força dada para lutar contra as dificuldades. Vós Sois Grandes!

A ti, Catarina, por toda a paciência, compreensão e pelo apoio que tu demonstraste ao longo dos anos.

Por fim, e sem palavras que descrevam a gratidão que sinto para com vocês por tudo que lutaram e compreenderam para proporcionar a realização do meu objetivo, aos meus Pais e Irmãos.

# Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação .....	1
1.2	Apresentação da Empresa.....	1
1.2.1	Grupo Salvador Caetano .....	1
1.2.2	Apresentação da CaetanoBus, S.A .....	2
1.3	Objetivos do projeto .....	3
1.4	Método seguido no projeto.....	3
1.5	Método seguido no projeto.....	4
2	Revisão Bibliográfica.....	5
2.1	Sistema de Produção Toyota (TPS).....	5
	Lean Manufacturing.....	7
2.2	Balanceamento .....	8
	Gráficos Yamazumi .....	9
2.3	Estudo do tempo e medição de trabalho.....	10
3	Estado Inicial .....	12
3.1	Layout das secções .....	12
3.2	Unidades em produção, Plano de Produção e Roteiro .....	13
3.3	Descrição do processo de fabrico .....	13
3.4	Abastecimento e bordo de linha.....	17
3.5	Meios auxiliares de Produção (MAP's) – Identificação e locais de armazenamento.....	18
3.6	Tempos registado .....	19
3.7	Apresentação do problema .....	25
3.8	Normalização de processos .....	25
	Meios Auxiliares de Produção .....	31
4	Apresentação de propostas de melhoria .....	33
4.1	Balanceamento da linha de produção.....	33
4.2	Resultados do Balanceamento .....	35
4.3	Otimização de processos .....	38
	Meios auxiliares de produção .....	43
5	Conclusões e trabalhos futuros.....	45
5.1	Conclusões .....	45
5.2	Trabalhos Futuros .....	46
	Referências .....	47
ANEXO A:	Folha utilizada para cronometragem de operações .....	48
ANEXO B:	Situação Inicial da linha de produção na secção de pré-montagem.....	49
ANEXO C:	Situação Inicial da linha de produção na secção de estruturas .....	50
ANEXO D:	Situação Inicial da linha de produção na secção de acabamentos .....	52
ANEXO E:	Balanceamento na secção de pré-montagem.....	55
ANEXO F:	Balanceamento na secção de estruturas .....	56
ANEXO G:	Balanceamento na secção de acabamentos.....	58
ANEXO H:	Ficha Normalizada de Trabalho de um colaborador do posto 5 da secção das estruturas .....	61
ANEXO I:	Tempos retirados das macro-tarefas realizadas nas secções de pré-montagem, estruturas e acabamentos.....	62

## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Modelo Double Decker Coach .....	2
Figura 1.2 - Modelo Probus.....	2
Figura 1.3 - Modelo Cobus.....	3
Figura 2.1 - Gráfico Yamazumi. As cores representam número de colaboradores.....	9
Figura 3.1 - <i>Layout</i> da empresa e seguimento das linhas de produção .....	12
Figura 3.2 - Imagem chassi inicial .....	14
Figura 3.3 - Unidade à saída da secção de pré-montagem .....	14
Figura 3.4 - Unidade à saída da pintura.....	16
Figura 3.5 - Unidade à saída da secção de Acabamentos.....	17
Figura 3.6 - Imagem do Bordo de Linha .....	18
Figura 3.7 - Lista de Set up da linha de produção .....	19
Figura 3.8 - Contribuição das diversas secções para o tempo de conceção do produto.....	20
Figura 3.9 - Distribuição das categorias de tempos na secção de pré-montagem .....	26
Figura 3.10 - Distribuição das categorias de tempos na secção de Estruturas .....	26
Figura 3.11 - Distribuição das categorias de tempos na secção de pintura .....	27
Figura 3.12 - Distribuição das categorias de tempos na secção de acabamentos.....	27
Figura 3.13 - Calços da dianteira do Double Decker Coach .....	29
Figura 3.14 - Imagem zona de aplicação de chapas da bagageira em 3D .....	29
Figura 3.15 - Pecolite Forrada .....	30
Figura 3.16 - Zona de aplicação do revestimento interior .....	30
Figura 3.17 - Imagem após aplicação dos vidros laterais.....	30
Figura 3.18 - Varão zona bagageira .....	31
Figura 3.19 - Varão das escadas .....	31
Figura 3.20 - Gabarit tejadilho .....	32
Figura 4.1 - Calço universal .....	39
Figura 4.2 - Peça para o acoplamento da base do varão.....	43
Figura 4.3 - Figura de chapa de identificação de MAP's .....	44
Figura B.1 - Situação inicial no posto 1 da secção de pré-montagem.....	49
Figura B.2 - Situação inicial no posto 2 da secção de pré-montagem.....	49
Figura C.1 - Situação inicial no posto 1 & 2 da secção de estruturas .....	50
Figura C.2 - Situação inicial no posto 3 da secção de estruturas.....	50
Figura C.3 - Situação inicial no posto 4 da secção de estruturas.....	51
Figura C.4 - Situação inicial no posto 5 da secção de estruturas.....	51
Figura D.1 - Situação inicial no posto 1 da secção de acabamentos .....	52



Figura D.2 - Situação inicial no posto 2 da secção de acabamentos .....	52
Figura D.3 - Situação inicial no posto 3 da secção de acabamentos .....	53
Figura D.4 - Situação inicial no posto 4 da secção de acabamentos .....	53
Figura D.5 - Situação inicial no posto 5 da secção de acabamentos .....	54
Figura D.6 - Situação inicial no posto 6 da secção de acabamentos .....	54
Figura E.1 - Balanceamento no posto 1 da secção de pré-montagem .....	55
Figura E.2 - Balanceamento no posto 2 da secção de pré-montagem .....	55
Figura F.1 - Balanceamento no posto 1 & 2 da secção de estruturas .....	56
Figura F.2 - Balanceamento no posto 3 da secção de estruturas .....	56
Figura F.3 - Balanceamento no posto 4 da secção de estruturas .....	57
Figura F.4 - Balanceamento no posto 5 da secção de estruturas .....	57
Figura G.1 - Balanceamento no posto 1 da secção de acabamentos .....	58
Figura G.2 - Balanceamento no posto 2 da secção de acabamentos .....	58
Figura G.3 - Balanceamento no posto 3 da secção de acabamentos .....	59
Figura G.4 - Balanceamento no posto 4 da secção de acabamentos .....	59
Figura G.5 - Balanceamento no posto 5 da secção de acabamentos .....	60
Figura G.6 - Balanceamento no posto 5 da secção de acabamentos .....	60

## Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Sumário das horas realizadas numa unidade DD Coach.....	21
Tabela 4.1 - Número de colaboradores por posto.....	35
Tabela 4.2 - Tempos retirados e as reduções obtidas quer ao nível de produtividade quer de tempos.....	36
Tabela 4.3 - Os ganhos de tempo e de produtividade.....	37
Tabela 4.4 - Operações realizadas na pré-montagem do tejadilho .....	38
Tabela 4.5 - Tabela com todas as operações realizadas (A) e as operações necessárias com alteração das medidas das chapas (B).....	40
Tabela 4.6 - Tabela com todas as operações realizadas (A) e com as operações necessárias com tamanho de painéis definidos (B) .....	41
Tabela 4.7 - Tabela com todas as operações realizadas na aplicação dos varões.....	42

## Siglas e Abreviaturas

JIT – *Just In Time*

MAP's – Meios Auxiliares de Produção

SMED – *Single-Minute Exchange of Die*

TPS – *Toyota Production System*

# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento do projeto e motivação

A presente dissertação foi realizada em ambiente empresarial na empresa CaetanoBus em Vila Nova de Gaia. A dissertação incidiu na realização do balanceamento da linha de produção de um novo modelo de autocarro de turismo, o *Double Decker Coach*, de forma a otimizar o tempo de produção e minimizar os custos inerentes.

O modelo em questão tem o intuito de robustecer a presença da empresa a nível internacional, mais concretamente no mercado Britânico, com a introdução dos primeiros autocarros de dois andares da marca Scania.

Apresenta-se como um projeto de elevada importância na empresa, pois trata-se de um novo produto, para o segmento médio-alto na linha de autocarros de turismo, de que se espera uma procura significativa. Para reduzir rapidamente os custos e tornar o modelo rentável, impõe-se a realização de um bom balanceamento na linha de produção.

## 1.2 Apresentação da Empresa

### Grupo Salvador Caetano

Decorria o ano de 1946, quando um jovem de 20 anos de nome Salvador Caetano, criou em conjunto com dois sócios a sua primeira empresa, Martins & Caetano & irmão, LDA que se dedicava ao fabrico de carroçarias para autocarros.

Sendo a primeira empresa em Portugal a utilizar uma tecnologia mista na construção de perfis de aço e madeira, e não estando satisfeita com tal, tornou-se também pioneira na construção inteiramente metálica de estilo e nível Europeu quando decorria o ano de 1955. Apesar do sucesso, os sócios de Salvador Caetano abandonaram o projeto.

No ano de 1966, e a título individual, Salvador Caetano, aposta na construção de uma unidade fabril em Vila Nova de Gaia. Devido à qualidade dos seus produtos, começa a evidenciar-se a nível internacional e além disso torna-se importador de camiões de mercadorias e distribuidor nacional da marca Toyota em exclusividade. A criação de uma unidade fabril em Ovar, com a capacidade de produzir cerca de 50 unidades por dia, veio a revelar-se um ponto essencial no desenvolvimento da empresa.

Desde então, o Grupo Salvador Caetano vem a desenvolver sistematicamente modelos novos, e aplicando as mais recentes tecnologias o que proporcionou a obtenção de uma maior notoriedade e consequentemente abertura de mercados como Reino Unido, Irlanda, Alemanha, Angola entre outros.

Nos dias que correm, o Grupo Salvador Caetano encontra-se dividido em três sub-holding e duas empresas na unidade de negócio da indústria, onde se encontra a CaetanoBus, S.A.

### **Apresentação da CaetanoBus, S.A**

A CaetanoBus, S.A é uma das empresas do Grupo Salvador Caetano, e iniciou a sua atividade industrial no ano de 2002, dedicada ao fabrico de carroçarias de autocarros, na sequência de uma parceria com o grupo germano-americano Daimler-Chrysler. Com esta parceria, e de forma a aproveitar o conhecimento adquirido e experiência de ambas ao longo dos anos, nasceu uma nova empresa, para a qual transitaram colaboradores da Salvador Caetano, equipamentos e inevitavelmente as mesmas instalações, em Vila Nova de Gaia. Este aproveitamento das competências adquiridas anteriormente, tinha como objetivo transformar a empresa numa referência ao nível do fabrico de carroçarias e autocarros para transporte público de passageiros, apresentando para isso uma excelente relação Qualidade/Preço. No início do ano de 2010, foi terminada a parceria entre a empresa portuguesa e a empresa germânica Daimler, tendo a parceria desta com a Chrysler já cessado anteriormente.

A CaetanoBus apenas produz carroçarias, que por sua vez são montadas sobre chassis de várias marcas, como Mercedes, Toyota, Volvo, Scania, MAN, Saab entre outras, sendo que existem vários tipos devido às especificações dos serviços para que são requisitados, como o tipo Urbano onde temos os A66 e A67, o Turístico, onde se enquadra o Double Decker Coach (Figura 1.1), Levante e Probus (Figura 1.2) e o de serviço de Aeroporto como Cobus 2700 e 3000 (Figura 1.3).



Figura 1.1 - Modelo Double Decker Coach



Figura 1.2 - Modelo Probus



Figura 1.3 - Modelo Cobus

### 1.3 Objetivos do projeto

As linhas de produção da CaetanoBus apresentam uma elevada versatilidade, devido aos vários modelos que apresentam como oferta, além de encomendas específicas. Devido a essa versatilidade as linhas têm que estar preparadas para receber a produção dos vários modelos. Dependendo dos modelos em produção, há a necessidade de readaptação da linha para realizar as tarefas, que torna o número de postos de trabalho variável.

Antes da iniciação do projeto, balanceamento da linha de produção de um novo produto da CaetanoBus, o autocarro de turismo *Double Decker Coach*, apenas se tinha produzido o protótipo com a exclusiva preocupação de acompanhar o desenvolvimento do produto. Com o início da produção em série é que se iniciou o estudo da linha e respetivo balanceamento assim como respetiva atribuição de tarefas por posto.

O balanceamento deste produto afetará, os planos de produção de outros produtos da empresa, devido às linhas de produção serem as mesmas para todos os produtos, exceto os Cobus.

### 1.4 Método seguido no projeto

De forma a haver sucesso de um projeto deste tipo, o planeamento das atividades a realizar é fundamental. Para isso procedeu-se à definição de um cronograma dividido em fases e ao comprimento de todos os prazos e metas estabelecidas. Numa primeira fase houve uma integração na empresa, através de um “Production coaching” onde se seguiu a sequência das diversas tarefas realizadas pelos colaboradores em cada posto e subsequentes secções, durante a montagem do primeiro veículo.

Na fase inicial foi ainda feito um levantamento de todos os MAP (Meio Auxiliar de Produção) utilizados na produção do autocarro.

Seguidamente, iniciou-se a cronometragem do tempo de operação por parte dos colaboradores e registadas as operações desempenhadas por posto. A partir dos valores obtidos foi realizado o balanceamento da linha de produção do *Double Decker Coach*.

Em paralelo com a atividade anterior, foram observadas oportunidades de melhoria e discutidas e apresentadas as propostas de melhoria, de forma a serem implementadas na restante série de produção e numa futura encomenda do produto.

## **1.5 Método seguido no projeto**

A presente Dissertação divide-se em seis capítulos e apresenta a seguinte estrutura:

Capítulo 1 - Apresentação do Grupo Salvador Caetano e, mais detalhadamente da CaetanoBus e dos objetivos do presente projeto;

Capítulo 2 – Exposição da revisão bibliográfica que serviu de suporte a todos os diagnósticos e decisões tomadas ao longo do projeto;

Capítulo 3 – Caracterização da situação inicial da empresa assim como a apresentação dos problemas identificados;

Capítulo 4 – Apresentação das propostas de melhoria com vista a solucionar ou reduzir os problemas evidenciados;

Capítulo 5 – Sintetização das conclusões retiradas ao longo do projeto e descrição de trabalhos futuros.

## 2 Revisão Bibliográfica

Ao longo deste capítulo será feito o levantamento teórico acerca dos conceitos mais relevantes aplicados ao longo do trabalho desenvolvido.

### 2.1 Sistema de Produção Toyota (TPS)

O TPS é um sistema de produção suportado numa filosofia de redução de desperdício e respeito pelas pessoas, que se tornou uma referência na indústria a nível mundial. Este sistema foca-se na melhoria da qualidade e na produtividade de uma organização.(Liker e Choi 2004)

#### Muda (Desperdício)

Muda, termo adotado por um antigo presidente da Toyota, Fujio Cho, para a própria empresa, é designado como sendo algo que vá além da mínima quantidade de peças, materiais e equipamentos que são necessários para a produção.(Jacobs e Chase 2011)

Na análise da possibilidade de eliminação de desperdícios imposta pelos princípios de melhoria contínua, considera-se o impacto que a redução de desperdício causa na redução de custos, implicando produzir com o mínimo de recursos possível, assim como a necessidade de olhar inicialmente de uma forma individual para cada colaborador e linha de produção, analisando de seguida a organização como um todo e analisar a sua eficiência partindo desse pressuposto.

O desperdício pode ser dividido em 7 tipos(Sutherland e Bennett 2007):

- **Excesso de Produção:** Gera inventário e tem como consequência um aumento do espaço de armazenamento além de um fluxo irregular de materiais quando existe excesso de necessidade;
- **Tempo de espera:** Desperdício gerado pela ineficiente utilização do tempo. A espera pode ser de um operador, materiais e clientes;
- **Transporte:** A movimentação de materiais não acrescenta valor ao produto final. Operações com deslocamentos dos operadores para pegar no material necessário para a produção é um exemplo deste desperdício, além de haver ainda a possibilidade de danificação dos recursos;
- **Processos inadequados:** Utilização de procedimentos obsoletos das instruções de trabalho;
- **Stock:** Gerado pelo excesso de produção que origina a utilização de recursos e capital que não irão acrescentar valor;
- **Movimentos desnecessários:** deslocações ou movimentos excessivos de pessoas, provocadas por uma desorganização nas sequências das tarefas ou por um *layout* ineficiente.



- **Desperdício de não qualidade:** Produtos defeituosos originam desperdícios na vertente financeira além da temporal. Os defeitos devem ser prevenidos e não corrigidos.

### Just In Time (JIT)

Trata-se de um sistema de gestão da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou entregue antes da hora exata. Pode ser utilizado em qualquer empresa, caso os seus processos tenham flexibilidade necessária para dar resposta à procura, para reduzir *stocks* e custos de armazenamento. Serve de pilar à sustentação do Sistema Toyota de Produção na procura da eliminação do desperdício.

Nas indústrias onde está implementado, o *stock* de matérias-primas é variável, podendo ser máximo caso o JIT seja implementado num processo posterior ao início da cadeia, ou mínimo o suficiente para poucas horas de produção. Para que haja o sucesso através deste método é necessário assegurar que os fornecedores tenham capacidade e disponibilidade para abastecer a empresa em pequenos lotes e com a frequência desejada.

São frequentemente citadas as seguintes práticas ou metodologias que permitem utilizar JIT: redução dos tempos de *set-up*, *pull system production*, entrega por fornecedor JIT e *layout* para bom funcionamento dos equipamentos.

### Metodologia 5S

O método 5S está relacionado com a gestão visual e com a filosofia *lean* e envolve a realização de uma série de tarefas com o intuito de motivar, consciencializar e mobilizar toda a organização para obtenção de menor desperdício, através da disciplina e organização no local de trabalho.

A designação deriva de 5 palavras japonesas iniciadas pela letra “S”(Marchwinski e Shook 2003):

Seiri - seleccionar o que é necessário e eliminar o desnecessário;

Seiton - existência de um local próprio para tudo e tudo no seu local próprio;

Seiso - limpeza e manutenção da área de trabalho;

Seiketsu - normalização, treino e manutenção;

Shitsuke - disciplina para desenvolver a manutenção das normas e a melhoria contínua

### A importância das Pessoas

Para uma empresa, seja ela de qualquer ramo de atividade, o mais importante são as pessoas, segundo defende o TPS (Sistema de Produção Toyota). É devido aos seus intervenientes que uma empresa pode obter uma melhoria de processo que levará a melhores resultados, pois são as pessoas que asseguram o controlo e desempenho dos processos e identificação de novas melhorias. Nenhum sistema ou processo decorrerá da forma esperada caso os seus intervenientes não estejam enquadrados na filosofia da mesma mas em contrapartida, são também estas que apresentam uma maior resistência a mudanças. A resistência à mudança acontece, pois as pessoas vão desmotivando e além disso começam a criar a sua zona de conforto e restringem-se a apenas tarefas e rotinas que consideram seguras. (Jacobs e Chase 2011)

Dentro de uma empresa deve existir uma equipa que garanta o sucesso da mudança e que procure demonstrar perante toda a estrutura e organização que a melhoria é fundamental, realçando-se a procura de demonstrar, pois a mudança é algo que não pode ser imposto mas sim representado. A fomentação da participação de todos os colaboradores assim como a

oferta de uma ampla gama de ferramentas de melhoria torna-os mais aptos para a realização das suas tarefas e inclusões de melhorias. De forma a garantir este sucesso as empresas devem apostar na formação, na valorização e na autonomia oferecida aos colaboradores.

### Lean Manufacturing

O conceito *lean manufacturing* surgiu da definição do TPS, sendo a designação pelo qual os princípios do TPS foram disseminados no Ocidente. Pode ser considerado como uma forma de resolver problemas de desperdício, através da inclusão de ferramentas e métodos para produzir mais usando menos, sem com isso descuidar do objetivo de cumprir as necessidades dos clientes.(Womack, Jones, e Roos 2003)

O intuito desta filosofia incide na procura das principais fontes de desperdício, e na utilização de ferramentas que permitam eliminar essas mesmas fontes, como a redução do tempo de *set-up* e a implementação do JIT, entre outras.

Segundo (Womack, Jones, e Roos 2003), os fundamentos pelo qual se rege são:

- **Definição de valor** - determinar o que é valor do ponto de vista do cliente;
- **Identificação da cadeia de valor** – identificar os passos dos processos que geram valor para o recetor e eliminar aqueles que nada acrescentam;
- **Fluxo** - tornar fluído e sem obstáculos o percurso de materiais ao longo dos processos de modo a haver uma resposta rápida aos pedidos internos e em concordância com os do cliente final;
- **Pull** – produção de um determinado produto apenas quando existir a solicitação do cliente, eliminando assim os desperdícios inerentes a uma produção sem procura;
- **Procura da perfeição** – procurar uma melhoria contínua dos processos internos-“Kaizen”.

As ferramentas mais usadas são (Abdulmalek e Rajgopal 2007):

- **Just-In-Time**: passa por produzir apenas quando necessário.
- **Manutenção Preventiva Total (TPM)**: realização, por parte dos colaboradores, de manutenção regular dos equipamentos para detetar possíveis anomalias e ajudar a prevenir futuras avarias.
- **Gestão de qualidade total (TQM)**: filosofia de melhoria contínua centrada nas necessidades dos clientes. Prima pelo envolvimento dos colaboradores, formação destes mesmos, formação de equipas para a resolução de problemas além do reconhecimento das ineficiências existentes e não só das pessoas.
- **Kanban**: sistema que sinaliza os fluxos de produção e que permite a realização do sistema JIT.
- **SMED**: Redução de uma forma sucessiva do tempo de preparação e ajuste de uma máquina/ferramenta numa mudança de ordem de fabrico.
- **5S**: Com a aplicação da filosofia, obtém-se uma melhor organização do local de trabalho que se trata de uma das condições básicas para se retirar bom proveito de outras ferramentas.

## 2.2 Balanceamento

Entende-se por balanceamento de linhas o agrupar sequencial de tarefas por postos de trabalho de forma a otimizar o trabalho e a utilização de equipamentos onde se obterá uma minimização de tempo de desperdício, aumentando assim o fluxo do processo. Esta otimização pode ser quer pela obtenção do número mínimo de postos de trabalho, quer pela diminuição do tempo de cada ciclo de trabalho. (Ugur Ozcan 2008)

O conceito de balanceamento aplica-se não só numa linha de produção mas também ao longo da sua vida útil. Uma das situações que conduz a esta necessidade de rebalanceamento é apontada por Hitomi (1979), em que em sistemas operativos pouco ou nada automatizado o desempenho dos operadores vai melhorando à medida que estes vão repetindo constantemente as operações, diminuindo assim o seu tempo – efeito de aprendizagem.

Numa linha de produção o balanceamento desempenha um papel importante para a implementação do sistema pull. Uma vez que é o cliente que vai guiar a procura e o ritmo do processo de produção, define-se assim o tempo de ciclo interno de cada processo de forma a dar uma resposta adequada ao cliente. Para conseguir satisfazer o compromisso de entregas ao cliente devemos definir a taxa de consumo do mercado. Assim devemos fazer a sincronização da linha em função do mercado, colocando esta em sintonia com a capacidade desejada, de forma a haver uma resposta eficaz à procura existente, sendo este tempo denominado por takt time. (Carravilla 1998)

### Tempo de ciclo

O tempo de ciclo define-se como o tempo que decorre entre o início e o fim da operação, ou seja, o tempo que demora a realizar uma operação. Considerando-se ou não os desperdícios, podemos definir um ciclo de tempo real ou ideal, respetivamente.

### Posto de trabalho

A linha de produção é um conjunto de postos de trabalho, fixos, que seguem uma determinada lógica de operações, e que podem ser formados por um ou mais operadores que realizam tarefas de forma manual ou com a assistência de ferramentas e equipamentos.

### Equipa de trabalho

Uma equipa é um ponto de trabalho importante num sistema produtivo e no seu respetivo balanceamento, uma vez que os operadores devem ser formados para executar várias tarefas que possibilitem a substituição de outro em falta ou para assegurar a rotatividade entre postos de trabalho (Miltenburg 2001). Deve para isso, aquando da formação de uma equipa, considerar-se a polivalência e as competências de cada operador.

A ferramenta mais indicada para se considerar os vários níveis de capacidade dos operadores é a matriz de competências. Assim, para a constituição de uma equipa, deve utilizar-se esta matriz que permite considerar as competências de cada operador e proceder a um balanceamento na formação de equipas de operadores, para assim formar uma equipa com as polivalências necessárias para as operações previstas num determinado posto de trabalho. Esta matriz permite também de forma visual e intuitiva analisar a polivalência ou a falta dela da equipa considerada.

Segundo (Alves e Hattum-Janssen 2011) os principais modos operatórios existentes são:

- **working balance** – tem como princípio a divisão da linha de produção em secções com uma distribuição equilibrada da carga e do número de tarefas com tempos de processamento semelhantes de cada operador;
- **rabbit chase** – caracteriza-se por cada operador realizar todas as etapas do processo produtivo de um artigo de modo sequencial e ordenado.
- **toyota sewing system** – as secções de trabalho de cada operador são estabelecidas pelos próprios operadores durante a execução das diversas tarefas existindo zonas de sobreposição, onde mais do que um operador é responsável por uma ou mais operações;
- **bucket-brigades** – não existem secções de trabalho definidas dentro da linha de produção existindo uma auto organização de partilha de trabalho de forma instintiva, sendo os operários colocados do mais lento para o mais rápido o que permite o equilíbrio do sistema produtivo;
- **baton touch** – existe divisão em secções de trabalho de forma equilibrada mas um operador fica com ocupação inferior para liderar a unidade em questões de análise da programação da produção, documentação e outros assuntos.

### Gráficos Yamazumi

Yamazumi significa literalmente "empilhar", e o seu objetivo é otimizar tempos de ciclo e processos do operador. São um dos melhores métodos de apresentar um balanceamento de produção *Lean*, pois apresenta-se como uma ferramenta de gestão visual, Figura 2.1, que através da sua observação se pode retirar imediatamente ilações, como os passos que não apresentam valor, as etapas de real valor e ainda os desperdícios existentes na operação.

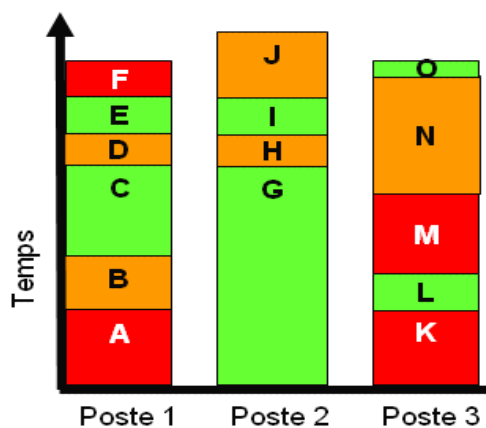


Figura 2.1 - Gráfico Yamazumi. As cores representam número de colaboradores.

A representação gráfica desenvolvida pela Toyota apresenta diversas vantagens para um utilizador deste método como:

- São visuais. Com estes visualiza-se e de uma forma perceptível onde está o desperdício;
- Fácil compreensão. Eliminam necessidade de relatório detalhado;
- Úteis. Podem ser afixados em qualquer local da linha de produção e representam um bom meio para a implementação da melhoria contínua.

## 2.3 Estudo do tempo e medição de trabalho

O estudo do tempo e medição de trabalho data do início do século XX por Frederick W. Taylor. (Chase)

O objetivo do Taylorismo passa pelo aumento da produtividade através da identificação, implementação e manutenção do método mais produtivo de execução de cada tarefa, sendo necessário adotar uma metodologia para se conseguir standardizar os vários tipos de trabalho baseada em:

- Programar a produção e alocar capacidades;
- Estabelecer um objetivo para motivar os colaboradores e testar a sua performance;
- Estabelecer referências para melhorias futuras.

Para se estudar uma operação esta deve ser dividida em elementos ou tarefas, dependendo da sua complexidade, de forma a serem cronometradas individualmente.

Para se fazer a distinção dentro de uma operação em tarefas devemos ter em conta o seguinte:

- Operação curta, mas com duração passível de ser cronometrada e registada;
- Definir todos os tempos, incluindo paragens, dos colaboradores ou equipamentos em elementos separados;
- Separar as ações efetuadas pelos colaboradores e pelos equipamentos em elementos diferentes.

Para se obter resultados válidos e coerentes devemos realizar várias medições da tarefa e daí obtermos a média, eliminando as possíveis variações externas. Por vezes não é possível realizar mais que uma medição o que nos pode induzir em erro, pois uma operação será realizada por diversos colaboradores com ritmos diferentes, e de forma a normalizar essa mesma observação devemos acrescentar um índice de desempenho que corresponde a uma avaliação subjetiva pelo observador da capacidade do operador e das condições da observação.

Ao resultado desta normalização chama-se Tempo normalizado ( $T_n$ ), e calcula-se pela equação 2.1.

$$T_n = \frac{\text{Tempo observado a realizar tarefa}}{\text{Unidades produzidas}} \times \text{Índice de desempenho} \quad (2.1)$$

O valor do índice de desempenho depende do observador da tarefa, pois é este que, dependendo do ritmo a que a tarefa é realizada, acelerada ou lenta, atribui um valor acima ou abaixo da unidade, respetivamente.

A medição de tempos não faz classificação da utilidade do movimento, apenas mede e faz o registo de acordo com as seguintes categorias:

- **Operação** – alteração mecânica, física ou química de um produto
- **Transporte** – mudar um material ou produto de local
- **Inspeção** – Verificação do produto, qualitativamente ou quantitativamente
- **Espera** – Tarefa planeada não efetuada
- **Armazenagem** – Arrumação da matéria-prima ou de equipamentos

### **Análise dos resultados**

A análise de dados apresenta-se como o ponto fulcral para a implementação dos conceitos apresentados. Ao iniciarmos a observação da situação inicial deparamo-nos com situações onde se questiona a sequência de operações, o método de execução de tarefas e quem as efetua de forma a detetar oportunidades de melhoria futura.

Através da análise destes critérios, é possível obter-se melhorias oportunas para o processo, aumentando assim a sua eficácia. (Brito, Eurisko–Estudos, e de Portugal 2003)

A elaboração de um balanceamento na empresa em questão vai de encontro aos interesses e filosofias defendidas e adotadas pela empresa, o TPS (sistema de produção Toyota), que se rege pela redução do desperdício e pelo respeito pelas pessoas sem com isso deixar o foco de melhoria continua e um aumento da produtividade.

### 3 Estado Inicial

Neste capítulo irá ser feita uma análise e caracterização da produção nas linhas de pré-montagem, estruturas, acabamentos e 2ª fase de pintura do modelo DD *Coach* tal como se processa atualmente na CaetanoBus, evidenciando-se, o tempo dedicado à fabricação deste modelo.

#### 3.1 Layout das secções

A Figura 3.1 ilustra o *layout* das linhas de montagem da CaetanoBus. O modelo DD *Coach* segue a linha normal de outros produtos da empresa, havendo a diferenciação de tarefas em relação aos restantes. Inicia-se no posto 0, assinalado a vermelho, onde se desmantelam todos os chassis utilizados nos autocarros, seguindo-se a secção de pré-montagem, passando ainda pelas áreas de estruturas e acabamento intercaladas pela secção 04. A secção de pré-montagem é dividida em duas estações de trabalho onde se realizam trabalhos de soldadura e rebitagem, a área de estruturas subdividida em cinco estações efetuando-se trabalhos de selagem, colagem e de rebarbagem, a de pintura dividida em sete fases e a secção de acabamentos em cinco postos onde se utilizam tecnologias de colagem, forragem e selagem. De salientar que em todas as secções existem bordo de linha que servem de abastecimento à linha.

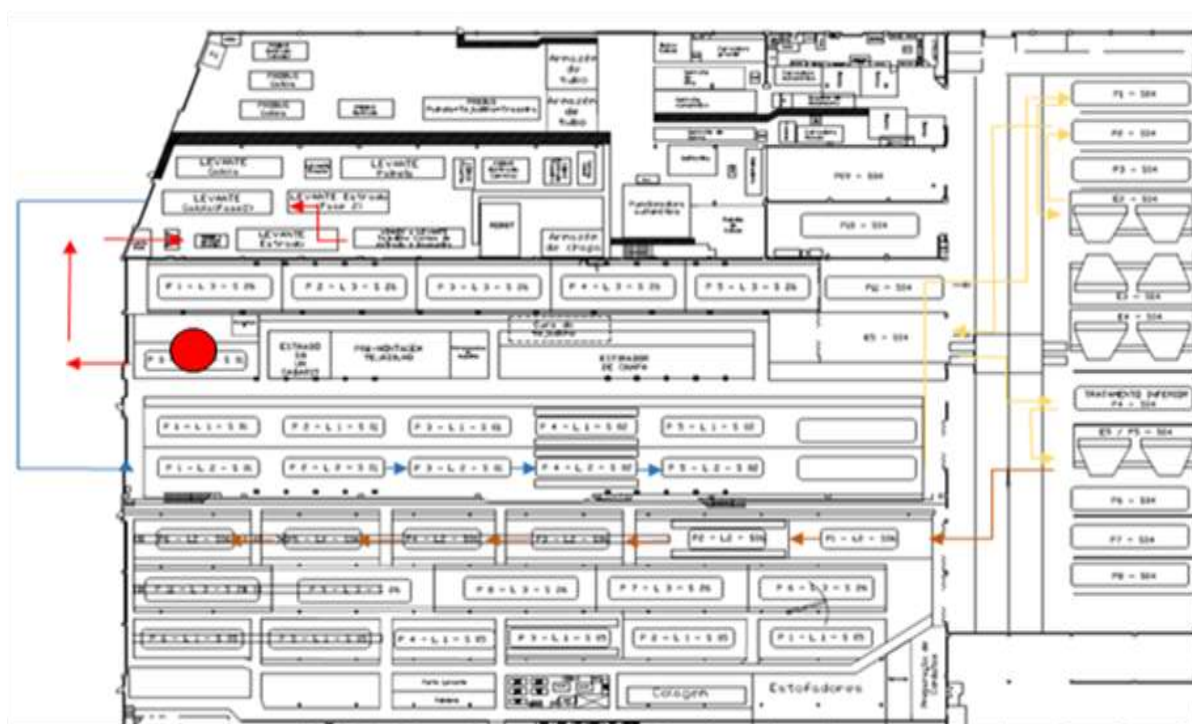


Figura 3.1 - Layout da empresa e seguimento das linhas de produção

### 3.2 Unidades em produção, Plano de Produção e Roteiro

Todos os produtos que entram nas linhas de produção devem seguir um plano de produção e obedecer a um roteiro, realizados de forma simultânea pois são dependentes um do outro.

No que diz respeito ao roteiro, este faz uma descrição dos materiais necessários nos postos de trabalho, e quando deve ser feita essa alocação, sendo alterado sempre que se necessita de alocar uma nova peça aos postos através de listas complementares de materiais. São criados no *software* SAP, sistema de gestão empresarial, e desenvolvidos de forma a garantir uma filosofia Just In Time, sendo também únicos para cada modelo. A sua existência facilita o abastecimento dos postos de trabalho na linha de produção, permitindo assim uma entrega atempada e eficiente de materiais.

Quanto ao plano de produção, este é determinado baseado no *takt time* da linha de produção e na procura do modelo em questão. Com a elaboração do plano de produção e com o auxílio do *software* SAP, é possível gerar as necessidades de materiais associadas a cada modelo, fazer a alimentação do bordo de linha com os componentes necessários, realizar listas técnicas de materiais associando-se posteriormente estas aos roteiros.

### 3.3 Descrição do processo de fabrico

Para o fabrico de uma unidade do modelo *Double Decker Coach* é necessário que este passe por várias secções e postos de trabalho. Nestes lugares são realizadas uma diversidade de tarefas necessárias para o fabrico da carroçaria do produto, sendo essas operações descritas seguidamente. De salientar que todas as secções, laboram apenas num único turno de oito horas, excetuando uma, mencionada na respetiva descrição.

#### Protótipo

Tratando-se de um novo modelo da empresa, a produção iniciou-se com a realização de um protótipo do produto tendo em vista a obtenção de um exemplar final, que permitisse definir os *Standard Works*, os meios e um primeiro balanceamento da linha.

Além do objetivo descrito anteriormente, o acompanhamento pormenorizado desta unidade permitiu perceber as falhas existentes no roteiro criado inicialmente, conseguindo-se assim a melhoria deste e uma correta alocação dos materiais ao modelo. Conseguiu-se também a listagem de tarefas necessária para a produção do modelo e consequentemente uma visualização de algumas sequências obrigatórias necessárias para uma correta montagem do produto.

#### Secção Pré-Montagem

Esta secção está dividida em três postos onde estão incluídas as operações de desmontagem do chassi original, Figura 3.2, montagem de estrados e a definição estrutural do modelo.





Figura 3.2 - Imagem chassi inicial

No posto 1 ocorre a desmontagem do chassi original da marca, neste caso Scania. Neste ponto é efetuada a desmontagem das ligações pneumáticas e elétricas do chassi, o reposicionamento e armazenamento de alguns componentes a utilizar mais tarde como o depósito do óleo e algumas peças de ligação chassi-estruturas. Enquanto se procede à desmontagem do chassi, em paralelo e numa zona da mesma secção de pré-montagem de componentes do autocarro, efetua-se a pré-montagem dos estrados que se irão colocar sobre o chassi.

Quanto ao posto 2, destaca-se o corte e a separação do chassi, operações que precedem a montagem do estrado de alongamento, estrado complementar e do estrado do motorista sobre o chassi. Em simultâneo e na mesma zona da secção de pré-montagem dos estrados, realiza-se a pré-montagem dos painéis laterais, frente, traseira e do tejadilho.

No posto 3 dão-se as operações de montagem dos painéis laterais, do estrado intermédio, da frente, da traseira e da acoplação do tejadilho à restante carroçaria. Na Figura 3.3, temos a apresentação da unidade à saída da secção de pré-montagem.



Figura 3.3 - Unidade à saída da secção de pré-montagem

## Estruturas

Nesta secção são realizadas todas as operações de aplicação de chapa, aplicação de tampas assim como das fibras estruturais que compõem o produto *Double Decker Coach*.

Nos postos 1 e 2, executam-se as operações de chaparia no interior do carro, a montagem de cablagens, soldadura por baixo do carro, a aplicação da estrutura das escadas assim como fixação das cavas da roda.

No posto 3, inicia-se o chapeamento exterior dos painéis (inferiores), aparafusasse a chaparia na zona da coluna do volante, montam-se as tampas laterais inferiores, a base estrutural na zona das baterias e começam a montar-se as primeiras fibras.

No posto 4, conclui-se o chapeamento exterior dos painéis (superiores), aplicam-se as tampas da bagageira (com motor), colam-se as fibras traseiras e da frente, em ambos os casos, superiores e inferiores e cola-se a pecolite, material resistente que é utilizado como revestimento, no tejadilho inferior.

No posto 5, o último posto da secção das estruturas, fazem-se os ajustes das fibras colocadas nos postos anteriores e coloca-se o aparelho de ar condicionado na parte traseira da unidade.

## Pintura

A secção 04, pintura, é definida como o “*bottleneck*” da produção, sendo por isso a única secção da fábrica que está sempre em laboração, dividindo-se em 3 turnos.

Aqui, este modelo em específico vai ser tratado em sete fases distintas, dividindo-se, por sete turnos, o que demonstra que cada fase é realizada num único turno.

Inicialmente faz-se a preparação para primário, onde se alinham as superfícies recorrendo a betumes, para depois se começar a preparação da unidade para o próximo posto, ou seja, efetua-se o isolamento da unidade.

Em seguida é aplicado o primário de forma a uniformizar o substrato, sobre o qual vai ser aplicada a subcapa.

Depois, dá-se o polimento dessa mesma subcapa, a reaplicação de betumes para retificar as superfícies, a aplicação de esmalte e novamente polimento geral da unidade.

Na fase seguinte, inicialmente lava-se e desengordura-se a unidade para depois se pintar de acordo com as especificações do cliente. Nesta fase, a operação de pintura divide-se em dois momentos, primeiro pinta-se com a cor padrão e depois de seguida aplicam-se as outras cores como o cinzento, preto e a cor da zona dos faróis, vermelho. O passo seguinte é a realização do tratamento inferior, onde se aplica um produto anticorrosivo, sendo para tal efeito necessária a elevação da unidade por sistemas mecânicos.

Por fim e de forma a terminar esta fase de pintura, Figura 3.4, retiram-se os isolamentos que ainda existam na unidade, e é feita a reparação de alguns defeitos de pintura existentes e uma inspeção do departamento de qualidade.



Figura 3.4 - Unidade à saída da pintura

### Acabamentos

Nesta secção realizam-se as operações que vão finalizar a produção da unidade, sendo a sua maioria, dedicadas ao aspeto estético, de *design* e conforto do produto *Double Decker Coach*.

No posto 1 desta secção, a nível elétrico faz-se a aplicação do quadro elétrico na unidade ligando-se os cabos já existentes a este, assim como a ligação dos cabos da zona do tablier à gaveta. A nível de acabamento do produto, faz-se o revestimento dos painéis laterais com pecolite forrada, colocam-se as condutas do piso inferior, e os ventiladores, aplicam-se os faróis e farolins da unidade, monta-se o aparelho de indicação de destino na zona lateral, os bancos no piso superior e efetua-se a afinação da fibra inferior da frente.

No posto 2, o grosso da atividade foca-se na colagem e selagem dos vidros, quer das laterais inferiores e superiores, do óculo traseiro e dos três vidros da zona frontal.

No posto 3, colocam-se as calhas nas janelas para ainda neste mesmo posto se colocar o ABS, peças em forma de baguete de um material duro forrado com napa, sobre estas, colocam-se as caixas dos pilares, os espelhos laterais, faz-se a montagem do tablier, a aplicação dos frisos dos bancos já colocados no posto 1 e montam-se os fechos pneumáticos das tampas da bagageira.

Quanto ao posto 4, faz-se a aplicação dos bancos inferiores e respetivos frisos, colocam-se os varões, são colocados os relógios, microfone, e espelho interior e também se procede à montagem da zona do motorista que inclui banco e apoio de braço.

No posto 5 e último posto de operações definidas, aplicam-se as portas e frisos das mesmas, faz-se os acabamentos nas escadas e faz-se a afinação final da tampa da bagageira.

E para finalizar a secção dos acabamentos segue-se o posto 6, onde se irão realizar pequenas tarefas de afinação e conclusão de operações dos postos anteriores, dependentes do relatório elaborado pelo departamento de qualidade sobre o estado e montagem dos componentes. Na Figura 3.5, temos a apresentação da unidade à saída da secção.



Figura 3.5 - Unidade à saída da secção de Acabamentos

### Pintura (2ª Fase)

Nesta segunda fase de pintura eliminam-se todas as inconformidades que foram surgindo ao longo da secção de acabamentos, materiais e componentes que não estejam dentro dos padrões de qualidade pré-definidos para o modelo em causa, quer por defeitos de pintura quer por partes ainda não pintadas.

Esta fase é dividida em três operações:

1. **Retificação** - Identificação e limpeza dos defeitos para reparação, posterior isolamento da área já sem necessidade de intervenção e regularização das superfícies.
2. **Esmaltagem** – Preparação e aplicação de subcapa e posterior secagem em estufa. Preparação da esmaltagem, esmaltagem e secagem em estufa.
3. **Remate** – Remate das zonas específicas identificadas pelo departamento da qualidade, posteriores ao isolamento sobre as partes esmaltadas.

### Preparação para entrega

Segue-se uma última etapa em que o autocarro entra na fase final da produção e que inclui a certificação final do produto, por agentes internos certificados para a avaliação, assim como limpeza, inspeção mecânica e placas de características.

## 3.4 Abastecimento e bordo de linha

Os bordos de linha localizam-se nas laterais das secções de acabamentos e estruturas disponibilizando os materiais necessários à produção, Figura 3.6. O abastecimento dos materiais é feito pela secção 092 (armazém) em duas rondas. Na primeira há o abastecimento da linha de bordo com materiais ditos consumíveis, ou seja, aqueles que se consomem em maior número como colas, rebites e materiais de limpeza, pois são do tipo de material mais utilizado. Já na segunda ronda, com uma duração menor que a primeira e com paragem apenas nos postos deficitários de material específico, há a necessidade de distribuir pelos postos de trabalho os materiais apresentados no roteiro em quantidades exatas, chamados de

componentes de *picking*, que vão fazer parte do *Double Decker Coach*. Além destes produtos, existem ainda aqueles que são entregues pelos distribuidores diretamente na linha, como é o exemplo das fibras, tampas, portas, pecolites, etc.



Figura 3.6 - Imagem do Bordo de Linha

### 3.5 Meios auxiliares de Produção (MAP's) - Identificação e locais de armazenamento

Meios Auxiliares de Produção (MAP) são definidos como meios de produção móveis que têm como finalidade, quer na produção quer na inspeção da qualidade quer na manutenção, ajudar os colaboradores na realização das tarefas, como por exemplo, segurar o chassi com calços quando este está separado em dois. Os MAP devem estar devidamente identificados e alocados aos respetivos postos assim como serem sujeitos a uma manutenção preventiva.

Na empresa, de forma a uma correta e eficiente gestão destes meios auxiliares de produção, existe um ficheiro *Excel* cuja consulta permite verificar quais os MAP's que existem para o produto e quais aqueles que devem ser produzidos tendo em vista uma melhoria contínua do processo e respetivamente da produção. Os já existentes são armazenados numa plataforma suspensa sobre a secção das estruturas na qual se armazenam todos os meios existentes na fábrica, e da qual são movidos aquando da necessidade da sua utilização por parte das linhas de produção, sendo utilizados logo diretamente na unidade ou colocados no bordo de linha com antecedência de 1 dia.

Na Figura 3.7, apresentamos uma lista de parte dos MAP's existentes, com os seus códigos de identificação e secção a qual estão alocados, para a produção de uma unidade do *Double Decker Coach*.



CAETANOBUS

Lista de Set up de Linha

Departamento: PRD1

Data: 17-12-2015

Modelo: DD Coach

Posto	T	Sessão	MAP Designação	Código	Qtd	Posto um	Y	Arremate
P02		S17	Elicador	S12110	2	P1		Plataforma
P02		S17	Calço 01	S12115	1	P1		
P02		S17	Calço 02	S12116	2	P1		
P02		S17	Calço 03	S12117	2	P1		
P02		S17	Calço 04	S12118	2	P1		
P03		S01/02				P3		
P03		S01/02	Molde controlo curvatura do sola painel	S12051	2	P3		Plataforma
P03		S01/02	Molde para brisas	S12041	1	P3		Plataforma
P03		S01/02	MAP colagem da peçoite	??	1	P3		Plataforma

Figura 3.7 - Lista de Set up da linha de produção

### 3.6 Tempos registado

Através da análise dos vários postos da linha de produção das diferentes secções por onde passa a unidade em fabrico, foi possível o estudo de todas as operações realizadas para o fabrico de uma unidade do modelo *Double Decker Coach*.

O registo de tempos e observação da linha de produção foi realizada durante cerca de dois meses, com o acompanhamento da unidade cinco de entre as onze que foram produzidas ao longo da linha de produção. Apenas foi realizada uma medição de tempos por posto, pois não era possível a observação de outra unidade enquanto se acompanhava o autocarro em estudo. Para o registo de tempos, foi utilizada uma folha de cronometragem como a que se encontra no anexo A. De seguida é que foram analisados os tempos e divididos por macro-tarefas de forma a realizar um estudo mais aprofundado destes.

Numa primeira fase de preparação, pertencente à secção de pré-montagem, faz-se a desmontagem do chassi estando envolvidos dois colaboradores, o que representa cerca de dezoito horas de produção. Ainda na mesma secção e distribuídos por mais dois postos, estão envolvidos doze colaboradores que representam um total de cento e trinta e duas horas e dezanove minutos. No total a secção traduz-se em 12,2 % do tempo de produção.

Quanto à secção das estruturas estão destacados trinta e dois colaboradores que perfaz um total de trezentas e sessenta horas representando uma fatia de 30,2 % do tempo total de produção.

Na secção de acabamentos estão alocados trinta e nove colaboradores, representando uma percentagem de 35,7 % do tempo total de produção, estando distribuída por quatrocentas e trinta e seis horas e dez minutos.

Quanto à secção de pintura, esta está dividida em 2 fases distintas, sendo o número de horas total da unidade nesta secção de duzentas e vinte horas e vinte minutos. Quanto à primeira fase esta absorve vinte e quatro colaboradores representando 15,1 % a produção da unidade, já a segunda envolve treze colaboradores e ocupa cerca de oitenta e três horas e trinta minutos.

As percentagens indicadas em cima advêm das horas utilizadas por uma unidade *Double Decker Coach*, baseada no *takt time* do produto de 13 horas e dezoito minutos, e do número de colaboradores por posto, Figura 3.8.



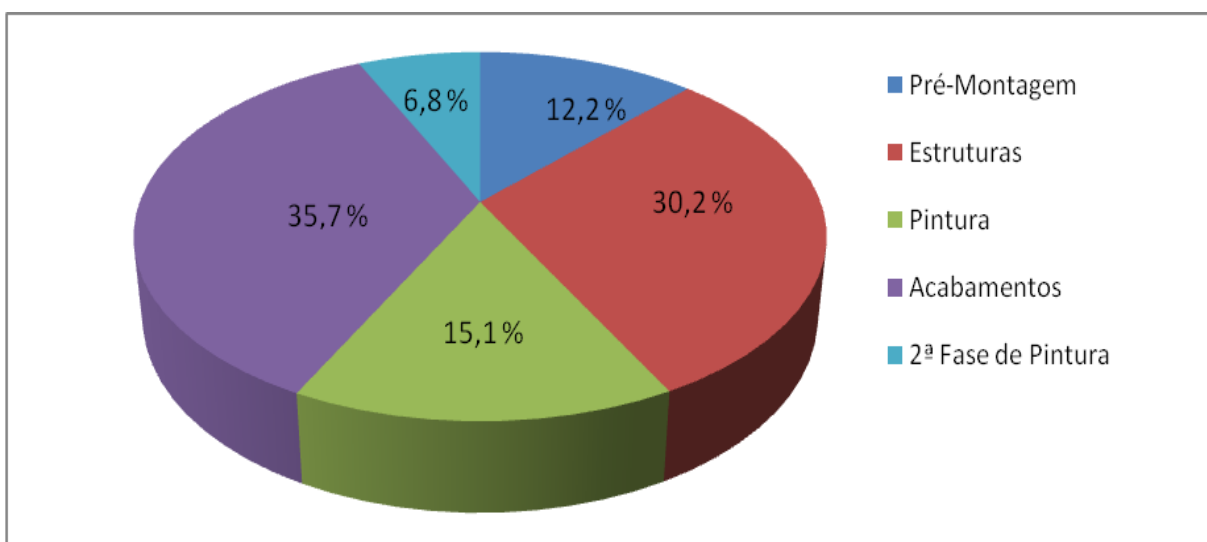


Figura 3.8 - Contribuição das diversas secções para o tempo de conceção do produto

Na Tabela 3.1 são apresentadas, as horas dadas à unidade *Double Decker Coach* em cada posto e o número de horas produtivas dos mesmos, para assim termos uma primeira análise à produtividade de cada posto. Em termos de tempos produtivos, foram considerados todos os tempos que envolvessem tempos de produção, tempos de preparação, tempos de inspeção (verificação) e de transporte, tempo relativo à deslocação do colaborador para a obtenção de ferramentas, máquinas e materiais necessários para o fabrico do produto, relativos a uma determinada operação. Os resultados da cronometragem em relação às macro-tarefas consideradas pode ser consultado no Anexo I.

Tabela 3.1 - Sumário das horas realizadas numa unidade DD Coach.

Secção	Posto	Nº Colaboradores	Tempo efetivo de produção (Min)	Tempo de Produção (Min)	Tempo total de secção (Min)	Produtividade (%)
<b>Pré-Montagem</b>	0	2	13:52	18:06	148:25	70
	1	4	27:18	38:15		
	2	8	62:42	92:04		
<b>Estruturas</b>	1 & 2	11	76:27	128:33	368:01	63
	3	6	42:34	66:13		
	4	12	92:35	142:03		
	5	3	20:16	31:12		
<b>Pintura</b>	1	5	30:53	40:0	184:0	74,4
	2	2	11:15	16:0		
	3	4	27:40	32:0		
	4	2	13:53	16:0		
	5	4	20:55	32:0		
	6	2	10:36	16:0		
	7	4	21:37	32:0		
Acabamentos	1	11	76:06	123:35	436:11	61,3
	2	8	52:35	93:30		
	3	7	47:17	78:05		
	4	4	21:34	40:30		
	5	5	40:28	56:12		
	6	4	29:12	44:19		
Pintura 2ª Fase	-	11	71:44	83:31	83:31	85,9
Total		125			1220:8	

### Descrição das tarefas

Inicialmente, e tratando-se de um novo produto, houve a preocupação de definir as macro-tarefas que se iriam realizar em cada posto, de forma a haver uma perceção de todo o trabalho incidente sobre a unidade. Com este primeiro estudo, também houve o conhecimento de quais as tarefas realizadas pelos colaboradores da empresa e quais as realizadas por empresas subcontratadas.



### **Secção Pré-Montagem**

Para a análise da secção de pré-montagem consultar o Anexo B e os respetivos gráficos apresentados.

#### **Posto 1**

Distribuição de cinco macro tarefas por quatro colaboradores. Neste primeiro posto faz-se a desmontagem do chassi calçando-o de forma a alinhá-lo e nivelá-lo para assim lhe colocarem o resto dos componentes. De seguida vai procede-se à colocação dos estrados, quer de alongamento quer do motorista quer do complementar. Neste posto algumas tarefas são auxiliadas por uma ponte móvel de forma a libertar colaboradores para outras tarefas.

#### **Posto 2**

Neste posto vão estar alocados oito colaboradores distribuindo-se por cinco macro-tarefas. Inicialmente colocam-se os painéis laterais em alumínio, sendo este trabalho dividido em dois grupos, assim como os colaboradores, realizando-se em simultânea a montagem de ambos. Em seguida coloca-se o estrado intermédio, ligando assim os painéis entre si e dando estabilidade à unidade. Em seguida, e em simultâneo, coloca-se o tejadilho assim como se dá início à montagem da frente e da traseira inferior concluindo esta montagem quando o tejadilho já estiver colocado. O tejadilho e os painéis têm uma pré-montagem noutro local da fábrica de forma a quando chegar a este posto seja só necessário acoplá-lo ao chassi e aos restantes constituintes da unidade.

### **Secção Estruturas**

Para a análise da secção de estruturas consultar o Anexo C e os respetivos gráficos apresentados.

#### **Posto 1 & 2**

Nos primeiros postos desta secção, onde estão atribuídos onze colaboradores, realiza-se o chapeamento da unidade, onde se inclui o chapeamento da bagageira, da zona da AC, da almofada inferior e dos estrados colocados anteriormente. Além desta primeira tarefa no primeiro posto, mais concretamente, levanta-se a unidade com a ajuda de macacos hidráulicos para se soldar por baixo o estrado ao chassi e também para se começar a reconstruir o carro mecanicamente. Outras tarefas executadas é a aplicação das cavas da roda, precedendo esta à montagem da estrutura das escadas de passagem do piso inferior para o superior.

#### **Posto 3**

Relativamente ao posto 3 verificamos que estão associados a este seis colaboradores. A operação mais demorada é a aplicação das chapas de revestimento lateral dos painéis, pois exige inicialmente o lixamento das superfícies e só depois a aplicação dos painéis. Aplica-se a fibra que fica sobre a outra cava da roda assim como se monta a estrutura que suporta as baterias perto do local do motorista. De seguida colocam-se as tampas que tapam este mesmo suporte, assim como as que tapam o radiador e depósitos de óleo, ao mesmo tempo que se aplicam fibras na bagageira que estão relacionadas com a distribuição do AC pela unidade.

#### **Posto 4**

Neste posto encontramos o maior número de tarefas a realizar na unidade de todo o posto. Estão alocados doze colaboradores distribuídos pelas dez macro-tarefas atribuídas a este posto. De salientar que neste posto se encontram as placas elevatórias que permitem a colocação do revestimento lateral da parte superior exterior da unidade. Também é efetuada a aplicação do revestimento do teto inferior com pecolite. Faz-se a colocação das tampas da bagageira, estas que têm a particularidade de serem tampas que realizam a suas manobras por ação de motores elétricos. Faz-se a afinação das portas, e o chapeamento das escadas assim como se coloca o estribo na parte da bagageira. Outra das tarefas mais morosas deste posto trata-se da aplicação das fibras traseira, mais propriamente a superior. Esta tem que ser colada ao tejadilho e afinada em concordância com a restante constituição traseira da unidade, salientando ainda o tratamento que o tejadilho sofre, como a selagem e isolamento da ligação do compósito do mesmo com as sancas, que juntamente com os pilares, seguram o tejadilho.

#### **Posto 5**

Encontram-se destacadas para este posto três colaboradores que se distribuem por quatro macro-tarefas. Conclui-se a traseira, mais concretamente a parte inferior da traseira, onde se inclui as fibras da parte das luzes assim como a fibra que protege o motor da unidade. Afina-se a frente, quer a tampa que protege depósito de limpa-vidros de forma a esta subir e descer corretamente, quer as fibras das luzes de forma a ficarem alinhadas e encaixadas corretamente. Coloca-se neste posto também o AC e conclui-se a frente superior.

### **Secção Acabamentos**

Apresenta-se como a secção onde se utiliza mais horas para a realização das tarefas a si atribuídas. Para a análise da secção de acabamentos consultar o Anexo C e os respetivos gráficos apresentados.

#### **Posto 1**

Este posto caracteriza-se por ser o posto onde a unidade em construção exigiu mais horas de trabalho para realizar as suas tarefas. Absorve onze colaboradores com a responsabilidade de realizar catorze macro-tarefas. Neste primeiro posto inicia-se pela aplicação do revestimento interior dos painéis com pecolite forrada, e também se inicia a aplicação de calhas nas janelas para posteriormente se colocar o ABS sobre estas.

#### **Posto 2**

Neste segundo posto teremos essencialmente a realização das tarefas que envolvem a colocação dos vidros na unidade, não rejeitando também as tarefas relacionadas com a colocação das grelhas traseiras, envolvendo estas tarefas cerca de oito colaboradores. Há a aplicação do painel frontal de destino, este que deve ser antecedido da colocação dos para-brisas, assim como há a aplicação dos vidros laterais inferiores e superiores, com o auxílio de placas elevatórias, incluindo também a janela do motorista.

#### **Posto 3**

Observando o posto 3, que aloca cerca de sete colaboradores, verificamos que há a finalização ou a complementação de algumas tarefas anteriores, que por ordem de roteiro são realizadas neste posto, como por exemplo, a conclusão da aplicação do ABS e a colocação dos

“bacalhaus” laterais dos para-brisas. Além das mencionadas, há também a colocação dos bancos do piso superior e inferior assim como dos frisos que os separam, a colocação da porta da frente, a colocação dos guarda-ventos e também a colocação dos espelhos laterais.

#### *Posto 4*

Quanto ao posto 4, deparamo-nos com a presença de quatro colaboradores. Estes estão distribuídos por tarefas como a aplicação de caixilhos nas fibras traseiras superiores, a colocação dos frisos da porta, dos varões, a colocação das cortinas e conclusão da zona de motorista, com a colocação da cadeira deste. Além destas tarefas procedeu-se também à aplicação do espelho interior, do relógio assim como a colocação da tampa do quadro elétrico.

#### *Posto 5*

No posto 5 temos a presença de cinco colaboradores. Neste posto são colocados os bancos inferiores, assim como os frisos que os separam, além dos bancos de deficientes. São colocadas as portas de emergência, assim como a rampa para deficientes na porta da frente. Para finalizar são efetuados os acabamentos das escadas.

#### *Posto 6*

Último posto desta secção que se caracteriza por ser o posto onde se inspeciona o resto do trabalho realizado na secção ao longo da linha de produção, de forma a preparar a unidade para a saída da mesma. Neste posto estão destacados dois colaboradores indiretos que, ao realizarem uma primeira inspeção de qualidade, realizam um relatório onde constam todas as imperfeições que existem e que necessitam de melhoramento, sendo que o trabalho dos quatro colaboradores destacados para este posto passa pelo arranjo dessas mesmas falhas, podendo ir do rearranjo dos frisos dos bancos interiores ao nivelamento das portas.

#### **Secção Pintura**

A unidade vai passar por esta secção duas vezes durante o seu processo produtivo.

Numa primeira fase passará por sete postos de trabalho onde sofrerá o primeiro tratamento a nível das superfícies exteriores. Considerando as várias macros-tarefas, encontramos algumas equiparáveis nos vários postos, mas dependendo da estação em que se encontram, com diferentes objetivos.

No primeiro posto faz-se o polimento dos painéis aplicados na secção das estruturas, preparando-se assim o carro para a aplicação da sub-capa no segundo posto.

Já no terceiro posto faz-se o polimento da sub-capa, utilizando aqui uma lixa com maior tamanho de grão.

Seguidamente há a aplicação da cor base, neste caso azul, sendo esta aplicação precedida da aplicação do isolamento da unidade, que ocupa a maior parte do tempo associado a este posto.

O posto seguinte designa-se como remate, pois aqui aplicam-se as restantes cores existentes na unidade.

De seguida desloca-se a unidade para um posto onde, com a ajuda de macacos hidráulicos se levanta a unidade para se fazer o tratamento inferior, realizado através da aplicação de tinta preta por toda a superfície inferior.

### 3.7 Apresentação do problema

Com a entrada de um novo produto em linha procurou-se perceber a quantidade de horas que este levaria para a sua construção, de forma a uma correta distribuição de recursos, quer financeiros quer humanos, ajudando assim a otimizar o processo e a obter um correto orçamento.

Inicialmente, baseado no desenvolvimento do protótipo, no desenvolvimento de outros modelos e ainda do orçamento proposto ao cliente, atribuiu-se um determinado número de horas ao carro, como ponto de partida. Com a percepção de que a estimativa atribuída se baseava na observação de tarefas e no número de horas de um anterior produto similar, definiu-se como objetivo a conclusão da unidade em linha em 1953 h. Neste tempo também estão incluídos os tempos utilizados pelos mecânicos e eletricitas, além do tempo utilizado na última secção, que por este se tratar de um tempo variável de uma unidade para outra não se contabilizou.

Inicialmente e antes de realizar o balanceamento, agruparam-se as operações, de acordo com o observado nos postos de trabalho, em macro-tarefas sendo assim possível realizar a análise dos postos em funções do tempo destas e da oferta de condições e infraestruturas da linha.

Com a realização do balanceamento da linha de produção pretendeu-se fazer uma correta distribuição do número de pessoas pelos postos de trabalho em função do tempo de demora para a realização de tarefas atribuídas aos respetivos postos tendo em conta o *takt time* estipulado para o produto.

### 3.8 Normalização de processos

Após a análise dos tempos retirados, foi possível verificar, por posto, quais as tarefas realizadas, que dependem mais tempo na produção da unidade e tentar decifrar o porquê de isso acontecer. Através destes valores retirados, e em concordância com o observado, apurou-se como crítico a quantidade de tempo despendido em paragens que não acrescentam valor para a unidade e o número excessivo de colaboradores existentes nas linhas de produção.

Recorrendo a uma análise da linha de produção por secção, e agrupando as tarefas por categoria, obteve-se o resultado demonstrado nas Figuras 3.9 a 3.12.

Analisando o gráfico da Figura 3.9, verificamos que o ponto crítico da secção de pré-montagem é o posto 2, onde existe um elevado tempo, de cerca de 25 %, classificado como "diversos", o que inclui paragens por falta de material mas essencialmente por inércia dos colaboradores e que define este posto como ineficiente.

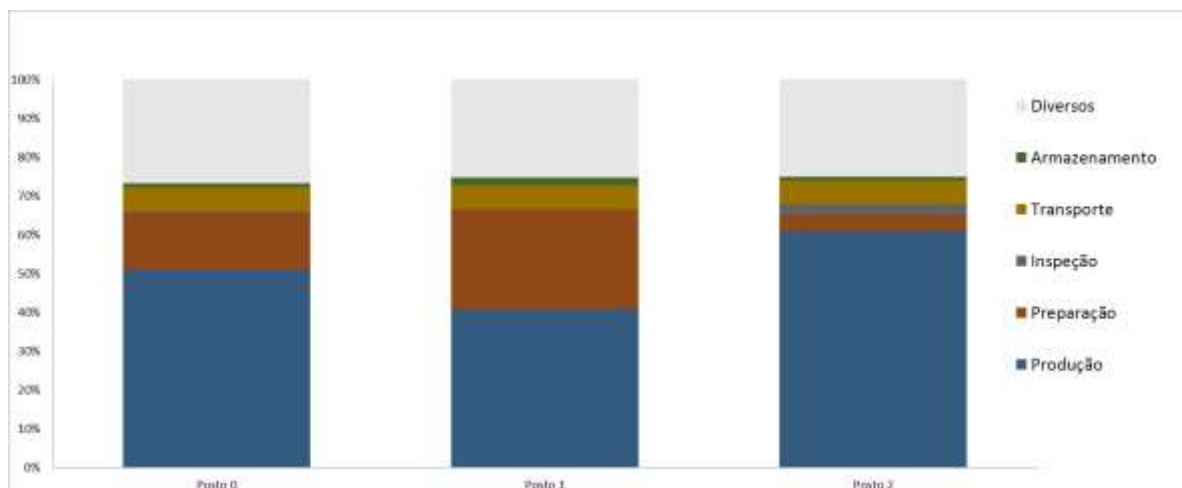


Figura 3.9 - Distribuição das categorias de tempos na secção de pré-montagem

Na secção das estruturas, Figura 3.10, verificamos que o posto onde ocorre o maior número de paragens, e consequentemente o posto com menor eficiência, é o 1 e 2 com 38,5 %, seguido de perto pelo posto 4 com uma percentagem de 37,5 %.

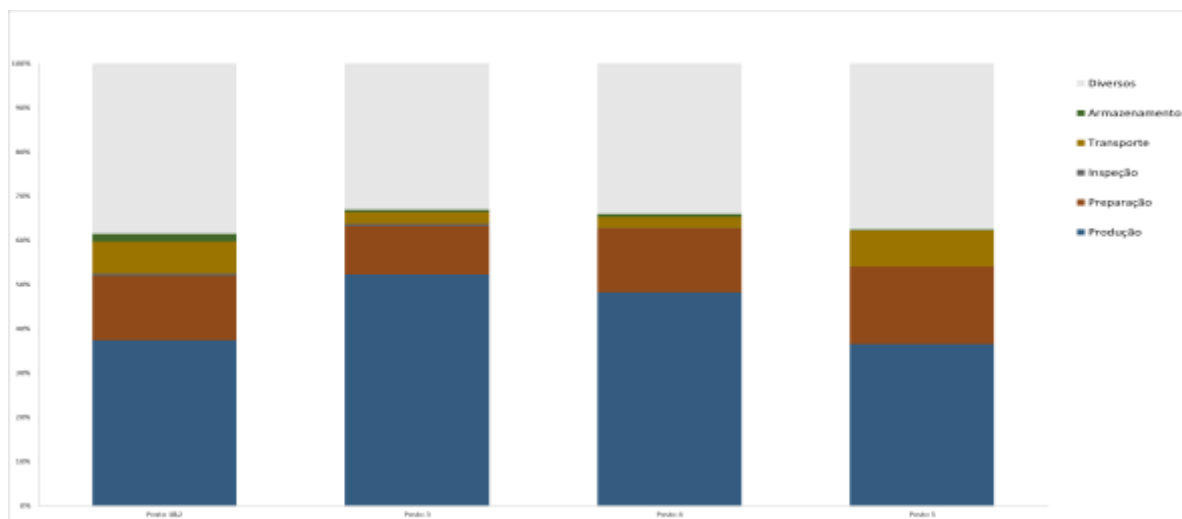


Figura 3.10 - Distribuição das categorias de tempos na secção de Estruturas

De acordo com a Figura 3.11, referente à secção da pintura, a fase onde existe o maior número de horas atribuídas aos diversos é a 5 com uma percentagem de 35,7%, antecedido pelo último posto desta secção com 33,6%.

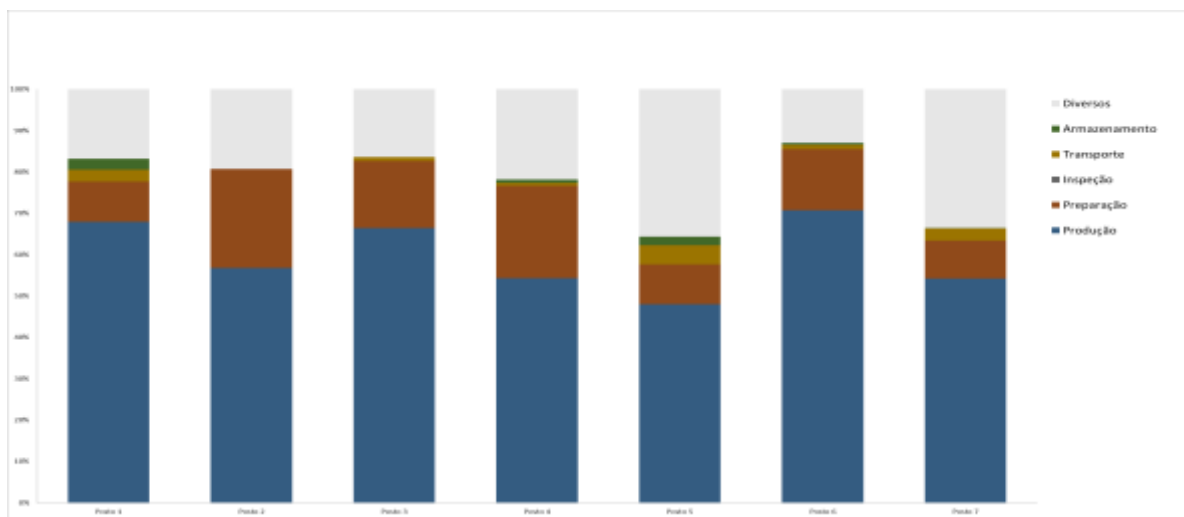


Figura 3.11 - Distribuição das categorias de tempos na secção de pintura

Na secção dos acabamentos, Figura 3.12, constatou-se que o posto onde há o maior número de tempo parado é no posto 2, com percentagem de 42,2%, seguido do posto 4 com uma fração de tempo de paragem de 41,8 %.

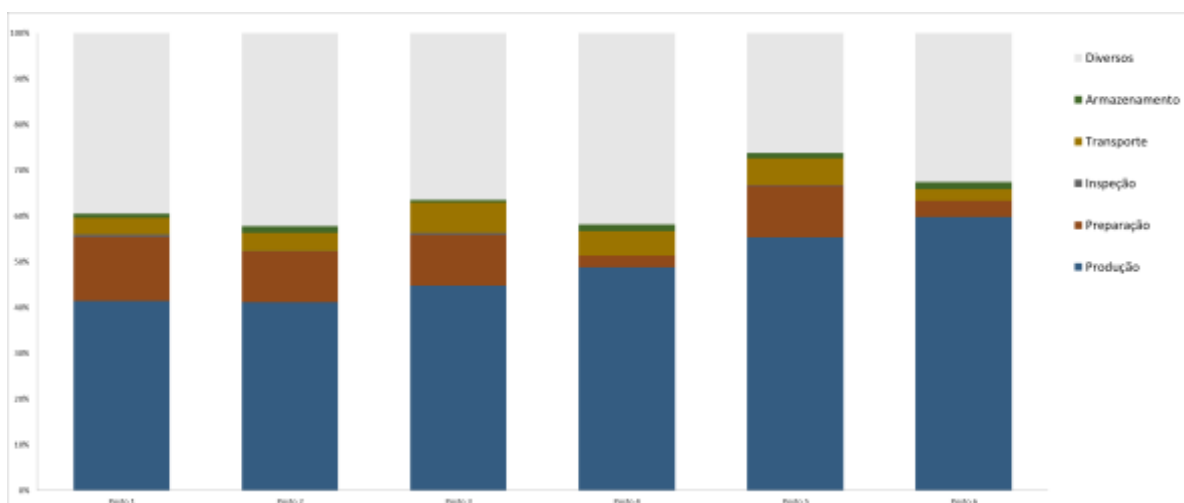


Figura 3.12 - Distribuição das categorias de tempos na secção de acabamentos

Em suma, através da análise realizada, podemos perceber a quantidade de tempo que os colaboradores passam parados na linha de produção. Também por ser a primeira série do produto, há falta de normalização de tarefas em função do tempo de ciclo utilizado na linha, prevendo assim uma má distribuição da realização das operações de cada tarefa, e consequentemente períodos de passividade o que implicará uma diminuição da produtividade dos colaboradores e respetivamente da empresa.

### **Pré-Montagem do Tejadilho**

A montagem do tejadilho não se realiza na linha de produção, existindo para a produção deste modelo, a criação de um posto específico dedicado à sua montagem. Trata-se de um conjunto de componentes de elevada fragilidade e complexidade, e de forma a tornar mais prática e ergonómica a sua montagem, optou-se pela sua montagem de forma independente do resto da unidade.

É constituído por uma placa de compósito de altura e comprimento igual à unidade a construir, sobre o qual vão ser acoplados alguns componentes que são parte integrante do produto. Outro dos componentes que fazem parte desta montagem são as condutas superiores, no total de cinco com diferentes tamanhos e as sancas. Estas com duas finalidades na sua utilização, suporte das condutas na unidade e ligação da restante estrutura do produto ao compósito, através de pilares montados ainda neste posto. Antes da montagem de todos estes componentes sobre o compósito temos ainda a considerar a aplicação de napa de revestimento sobre a zona central do compósito.

A junção do tejadilho com o resto da estrutura da unidade acontece no posto 2 da secção 017, e demora cerca de oito horas com 2 colaboradores. A sua aplicação inclui-se na macro-tarefa de aplicação do tejadilho. Quando este é colocado na linha de produção tem ainda que ser ajustado e fixado aos painéis laterais de forma a coincidir corretamente com a restante unidade.

Uma das ineficiências desta pré-montagem de tejadilho num local distinto surge na junção deste com o resto da unidade, pois é necessário afinar todo o tejadilho com os painéis laterais. Os locais de acoplamento dos pilares não estão marcados nos painéis laterais, assim como a aplicação da frente e traseira não ser otimizada por falta de marcação do encaixe no tejadilho.

### **Calçar Chassi**

A iniciação da produção de cada produto que entra em linha é obrigatoriamente iniciada no posto de preparação de chassi. Aqui faz-se o desmantelamento do chassi, que é importado pela empresa, preparando-o para ser acoplado aos restantes constituintes da unidade.

A desintegração do chassi inclui também a separação do eixo dianteiro e traseiro, o que originará uma disparidade entre os eixos a nível de altura pois o peso da carroçaria onde não há contato com o solo, provoca um desnivelamento que seguramente num posto futuro é compensado.

A compensação do desnivelamento acontece no posto seguinte, posto um da secção 017, onde é realizada como primeira tarefa, dada a necessidade de se acoplar o resto dos componentes de forma correta. Esta compensação ocorre com a utilização de calços em locais específicos do chassi que definem a altura a que se encontra o solo do chassi, segurando assim as partes dianteiras e traseiras, Figura 3.13.

Com a observação da tarefa e com a constatação da quantidade de tempo que os colaboradores precisam para realizar as operações envolvidas na macro-tarefa, decidiu-se analisar o procedimento. A operação na unidade demora cerca de seis horas, tempo este que se deve à necessidade de construir os calços no próprio autocarro, devido às limitações provenientes do relevo do posto de trabalho.



Figura 3.13 - Calços da dianteira do Double Decker Coach

### **Aplicação da chaparia da bagageira**

A aplicação da chaparia na zona da bagageira acontece nos postos 1 e 2 da secção de estruturas e tem a duração de 15 h e 32 min, o que estimula à apreciação global de toda a macro-tarefa, tendo em conta o tempo que se observou que os colaboradores necessitavam para preparar a zona de acoplação das chapas na estrutura e consequentemente o excesso de repetição de micro-tarefas para a aplicação de um só componente.

A execução desta tarefa envolve a aplicação de um revestimento de toda a parte estrutural da zona traseira inferior, com recurso à aplicação de chapas de aço tratado, entendendo-se como parte estrutural as estruturas de proteção da zona do motor, dos eixos traseiros, de todo o chassi na zona da bagageira, Figura 3.14, assim como da zona do depósito de combustível.

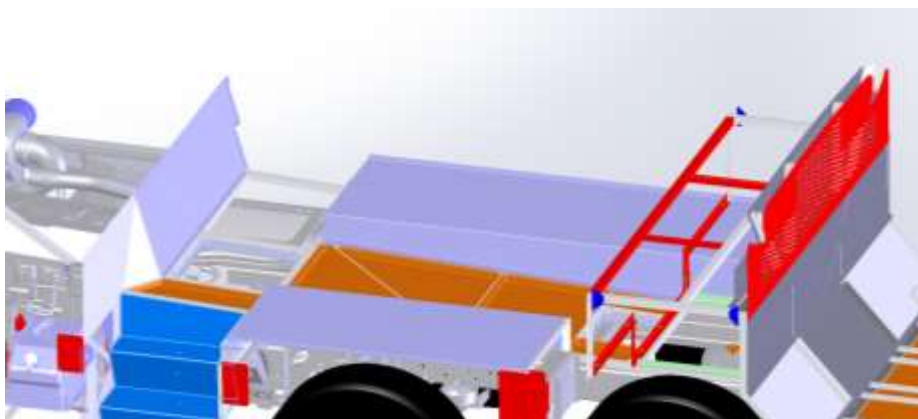


Figura 3.14 - Imagem zona de aplicação de chapas da bagageira em 3D

### **Revestimento painéis interiores**

A aplicação do revestimento dos painéis da parte interior acontece no posto 1 da secção de acabamentos, e tem a duração de 15 h e 30 min, sendo por isso a macro-tarefa mais morosa do posto.

Trata-se de um conjunto de operações com a finalidade de proteger os painéis laterais da parte interior, superior e inferior, procurando em simultâneo apresentar o nível estético pretendido pelo cliente.



As operações necessárias para a realização da macro-tarefa são, maioritariamente, executadas no próprio posto de trabalho, havendo também o recurso a um posto, em paralelo - secção de colagem - onde se aplica a napa de forma a forrar a pecolite, Figura 3.15. Esta operação dentro do tempo de produção efetivo da macro-tarefa é considerada como uma tarefa de preparação para a finalidade objetiva de revestimento dos painéis interiores, Figura 3.16.



Figura 3.15 - Pecolite Forrada

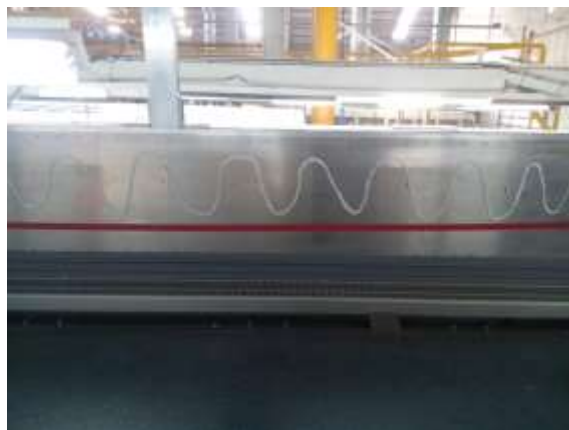


Figura 3.16 - Zona de aplicação do revestimento interior

### Selagem e colagem dos vidros laterais

Realizada durante 34 h e 41 min, a selagem e colagem dos vidros laterais, quer superiores quer inferiores, é a macro-tarefa mais longa do posto 2.

A execução desta tarefa está dependente do *layout* da linha de produção, pois depende da presença de condições especiais, como a existência de plataformas elevatórias, sendo assim possível a colocação dos vidros da parte superior dos veículos, Figura 3.17. Além desta condição, existe ainda uma precedência a respeitar para a sua colocação, como a colocação de calhas em ABS, fibra forrada com um material especial, já introduzidas entre os pilares estruturais do produto.



Figura 3.17 - Imagem após aplicação dos vidros laterais

### Aplicação dos varões

A macro-tarefa relacionada com a colocação dos varões de apoio realiza-se no posto 4 da secção de acabamentos, com a duração de 5 h e 14 min, tornando-se assim no conjunto de operações mais demorada do posto de trabalho.

A aplicação dos varões decorre um pouco por toda a unidade, distribuindo-se pela zona da bagageira, pelo piso inferior e superior assim como pelas escadas. A sua ligação aos restantes componentes da unidade faz-se através de parafusos que acoplam os varões à estrutura da unidade, em peças específicas para o efeito, certificando-se assim que estes adquirem a estabilidade necessária para não cederem às forças a que serão sujeitos, Figuras 3.18 e 3.19.



Figura 3.18 - Varão zona bagageira



Figura 3.19 - Varão das escadas

### Meios Auxiliares de Produção

Por se tratar da primeira série de produção do modelo *DD Coach* por parte da empresa, e apesar de haver já alguns modelos parecidos, houve a necessidade de produção de alguns meios auxiliares para a construção deste novo produto.

Alguns dos meios necessários, já documentados anteriormente, são previamente desenhados por uma equipa especializada, de forma aquando da sua necessidade estejam disponíveis para um correto e eficiente *setup* da linha de produção. Caso este não seja feito da melhor forma e

com tudo que é necessário pode suceder o atraso da produção do produto, o que não é de todo desejável em prol de uma rentável produtividade da empresa.

No entanto, além da ineficiência do *set up*, os MAP's já existentes podem não estar no local onde irão ser utilizados. Isto acontece pois não estão identificados ou não se sabe o número de meios existente na empresa. De forma a resolver o problema optou-se pela enumeração de todos os meios auxiliares de produção, conseguindo-se assim um correto *set up* e uma otimização do tempo de produção, com os colaboradores a já saberem o que precisam e onde precisam.

Dentro dos MAP's que têm que ser construídos previamente estão relativos à frente, traseira, aos estrados assim como dos painéis. Existe além destes, que envolvem peças de pequeno porte, um *gabarit*, estrutura que ajuda ao posicionamento de peças para a montagem de um componente, para a pré-montagem do tejadilho, Figura 3.20, diferenciando-se dos restantes por permitir a montagem do produto em vários ângulos.



Figura 3.20 - Gabarit tejadilho

Além destes, existem ainda outros tipos de MAP's como os calços, que são feitos de acordo com a necessidade dos colaboradores para a laboração de um modelo, como neste caso para a realização de tarefas como o nivelamento e o alinhamento da unidade.

## 4 Apresentação de propostas de melhoria

Neste capítulo serão apresentadas/enunciadas algumas propostas tendo em vista melhorias no processo e na produção do produto ao longo da linha de produção. Com a retirada de tempos e analisando apenas o grosso desses tempos, definimos a situação inicial como o ponto de partida para todo o estudo inerente ao projeto. Primeiro foca-se na normalização de todo o processo envolvente do modelo DD Coach, com a definição de todas as macro-tarefas existentes na linha de produção, incidindo seguidamente no balanceamento realizado através da análise de tempos retirados aquando da primeira série.

A observação e a análise de tempos e métodos utilizados ao longo de toda a linha de produção do produto proporcionou anotar ideias e pontos com vista à melhoria de todo o processo. Nesse âmbito foram apresentadas algumas propostas de melhoria para os problemas existentes, tendo por base a eliminação ou redução do desperdício, normalização do trabalho e implementação do conceito *Lean*. Todas as propostas apresentadas, ainda não foram aprovadas nem testadas em linha, pois o número limitado de unidades não permitiu essa mesma implementação. Apenas serão alvo de estudo e hipotética aprovação antes da entrada da próxima série em linha.

### 4.1 Balanceamento da linha de produção

Uma das formas de se organizar as tarefas realizadas pelos colaboradores, num posto ou linha, é através do balanceamento das tarefas atribuídas a cada colaborador, atribuindo mais ou menos tarefas a cada, conseguindo assim cumprir o tempo estipulado em cada estação. Trata-se então de um método que incide sobre a atribuição de tarefas aos colaboradores e não sobre a alteração de tempos de execução de cada tarefa.

Para a sua realização respeitou-se ainda as precedências de tarefas e a possibilidade de as tarefas poderem ser realizadas em simultâneo.

Durante a realização do balanceamento foram surgindo algumas dificuldades, relativas ao sequenciamento das tarefas e à coincidência de tarefas sobre o mesmo local da unidade. De forma a colmatar esta dificuldade foi utilizado o método *Yamazumi*, sendo a sua utilização vantajosa quando temos várias variáveis e queremos definir a forma como lemos os dados.

Definiu-se o eixo horizontal como o número de colaboradores necessários para a realização das tarefas destinadas ao posto dentro do *takt time* e o eixo vertical como o tempo definido para a realização das tarefas.

Na análise dos gráficos verifica-se a quantidade de tarefas que cada colaborador pode realizar no tempo que o carro se encontra no posto assim como a possibilidade de realização de tarefas tendo em conta as precedências existentes. Em relação ao eixo horizontal, analisa-se a

possibilidade de as diversas tarefas, ou única tarefa, poderem ser realizadas em simultâneo pelos colaboradores destacados no respetivo posto. Esta análise pode ser exemplificada com a visualização do gráfico do posto 1&2 da secção de estruturas no anexo C. Repare-se no caso exemplificado que a aplicação das escadas de ligação entre os dois pisos tem que ser realizada depois da colocação das cavas da roda, já que ficarão montadas sobre uma das cavas. Em simultâneo com a montagem das cavas da roda, outros colaboradores podem proceder à aplicação de chapeamento na zona da bagageira. Devemos também realçar que existem tarefas que, por poderem criar conflitos de espaço, devem ser realizadas em diferentes momentos do tempo atribuído ao posto, o que acontece por exemplo no terceiro posto de acabamentos, na aplicação dos espelhos e dos “bacalhaus” dos vidros (beira que faz ligação entre o vidro frontal superior e o vidro lateral superior da zona da frente).

### Takt time

De acordo com a definição do conceito, foi estipulado pela empresa para o modelo *DD Coach*, um *takt time* de 13,3 h por posto.

O número de horas de carga diária dos colaboradores são de 8 h, mas destas apenas se consideram 7,25 h, por política da empresa, estando as restantes atribuídas à pausa de pequeno-almoço e paragens, quer por fadiga quer por necessidades pessoais. Este tempo representa cerca de 10% do *takt time*.

Assim o número de horas que cada colaborador deve ter associado a si para a realização das tarefas, é de 12 h e 8 min, ou seja, 728 min.

### Número mínimo de trabalhadores

Inicialmente, e depois de retirados os tempos do posto, é possível fazer uma estimativa sobre o número de colaboradores mínimos necessários para a realização das tarefas anexadas ao posto. Esta vai ser feita utilizando a Equação:

$$\text{número de colaboradores necessários} = \frac{\text{Tempo total das tarefas}}{\text{Takt Time} - 10 \% \text{ Takt Time}} \quad (4.1)$$

De acordo com a Equação 4.1 foram calculados valores para o número de colaboradores por posto, Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Número de colaboradores por posto

	Posto	Tempo efetivo de produção (min)	Número mínimo de Colaboradores	
			Real	Inteiro
<b>Preparação de Chassi</b>	0	832	1,139	2
	1	1638	2,275	3
	2	3762	4,709	5
	1 & 2	4587	6,302	7
<b>017</b>	3	2554	3,506	4
	4	5555	7,626	8
	5	1216	1,669	2
	1	4566	6,271	7
<b>Estruturas</b>	2	3155	4,334	5
	3	2837	3,892	4
	4	1294	1,774	2
	5	2428	3,335	4
<b>Acabamentos</b>	6	1752	2,404	2

Após a estimativa efetuada sobre o número de colaboradores inicia-se o balanceamento pois já se conhece antecipadamente a quantidade de colaboradores pelos quais se vão dividir as tarefas.

Como ponto de partida, para a alocação das tarefas pelos colaboradores, optou-se por atribuir as tarefas mais demoradas e só de seguida distribuir as tarefas de menor duração. Não foi colocado de lado a alternância de tarefas, por exemplo colocar uma tarefa menos demorada antes de uma mais demorada, de forma a precaver a grande discrepância de tempo de operação de uns colaboradores para com os outros e assim agrupar tarefas que necessitam de mais que um colaborador para a sua realização.

## 4.2 Resultados do Balanceamento

Inicialmente foi pretendido realizar o balanceamento de toda a linha de produção do modelo DD Coach, no entanto foram feitos reajustes no planeamento da empresa, e assim excluíram-se algumas fases de produção. Uma das fases excluídas foi a primeira fase de pintura, onde através da análise de tarefas realizadas aquando da visualização do protótipo se conclui que estas eram semelhantes às de um outro produto da empresa e portanto, para efeitos futuros se utilizariam os tempos já retirados anteriormente a esse produto. A secção de certificação e preparação para o exterior também foi excluída por se tratar duma secção que apresenta um elevado desvio de resultados, dada a sua dependência do trabalho realizado nas outras fases de produção da unidade.

Além das exclusões já mencionadas, procedeu-se também à separação dos colaboradores responsáveis pela parte elétrica e mecânica do carro, sendo que será feito para estes um balanceamento aparte dos restantes colaboradores.

O balanceamento das seções em análise, além de permitir retirar tempos não produtivos, permitiu também uma reorganização das tarefas por posto e ao longo da linha de produção, como observado nos Anexos de E a G.

Na Tabela 4.2 são apresentados os tempos retirados e as reduções obtidas quer ao nível de produtividade quer de tempos.

Tabela 4.2 - Tempos retirados e as reduções obtidas quer ao nível de produtividade quer de tempos.

Nº de Colaboradores				Tempo efetivo de operação	Tempo				Produtividade	
					Inicial		Balanceado		Inicial	
Posto	Inicial	Balanceado	Posto		Tempo total de Produção (min)	Secção	Tempo total de Produção (min)	Secção	Posto (%)	Secção (%)
017 Estruturas	0	2	2	832	1596	11172	1596	8778	57,5	59,7
	1	4	3	1638	3192		2394		56,6	
	2	8	6	3762	6384		4788		65	
	1&2	11	7	4587	8778	25536	5586	16758	57,7	59,2
	3	6	4	2554	4788		3192		58,9	
	4	12	8	5555	9576		6384		64	
Acabamentos	5	3	2	1216	2394		1596		56,1	
	1	11	7	4566	8778	31122	5586	19950	57,4	57,1
	2	8	5	3155	6384		3990		54,5	
	3	7	4	2837	5586		3192		56,1	
	4	4	2	1354	3192		1596		46,8	
	5	5	4	2428	3990		3192		67,2	
	6	4	3	1752	3192		2394		60,6	
Total	85	57								

O cálculo da produtividade apresentado na Tabela 4.2 advém do quociente entre o tempo efetivo que as macro-tarefas demoram para serem realizadas e o tempo estipulado de laboração por parte dos colaboradores, ou seja cerca de 90 % do *takt time*.

Além das fases já supracitadas, não foi considerado o balanceamento da segunda fase de pintura, pois não se verificaram diferenças significativas com a realização do mesmo nesta fase.

Com a realização do balanceamento verificamos que, nas secções analisadas, pode haver a redução de 28 colaboradores no total. Esta redução do número de colaboradores permite a obtenção de ganhos muito satisfatórios a nível de tempo e de produtividade para a empresa.



Os ganhos obtidos com este estudo, são apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Os ganhos de tempo e de produtividade

	<i>Tempo</i>				<i>Produtividade</i>		
	Posto	Posto	Secção	Total	Posto	Secção	Total
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>017</b>	0	0,0			0,00 %		
	1	25,0	21,4		18,88 %	16,8	
	2	25,0			21,68 %		
	1&2	36,4			32,96 %		
<b>Estruturas</b>	3	33,3	34,4		29,44 %	31,5	
	4	33,3			32,01 %		
	5	33,3		32,9	28,03 %		29,0
	1	36,4			32,81 %		
<b>Acabamentos</b>	2	37,5			32,73 %		
	3	42,9	35,9		42,04 %	32,0	
	4	50,0			46,82 %		
	5	20,0			16,79 %		
	6	25,0			20,19 %		

Os resultados apresentados para a produtividade advêm da diferença de percentagens de tempo produtivo, quando relacionado com os tempos utilizados pelo número de colaboradores necessários no final e o número de colaboradores existentes inicialmente no posto.

Após análise da tabela 4.3, verificamos que a secção que apresenta um maior ganho quer ao nível da produtividade quer ao nível de tempo é a dos acabamentos, com valores de 35,9 % e 32,0 %, respetivamente. Note-se que se trata da secção onde se pode reduzir maior número de colaboradores, catorze, que representa metade do total de colaboradores que se pode preterir, revelando-se o posto 1 como o mais preponderante para o aumento de ganhos.

Quanto à secção de pré-montagem, denota um menor ganho em relação às outras secções analisadas pois apenas são reduzidos três colaboradores no total, o que representa um ganho de 21,4 % a nível de tempo e de 16,8% a nível de produtividade.

Já no que respeita à secção de estruturas, há o ganho de 34,4 % e 31,5 % em relação aos ganhos de tempo e produtividade, respetivamente. Estes valores são aproximados da secção de acabamentos, pois existe também uma elevada redução de colaboradores, onze no total.

No geral, se juntarmos os tempos produtivos totais de todas as secções analisadas, conseguimos obter ganhos de 32,9 % em relação ao tempo utilizado para a produção de uma unidade do modelo *DD Coach*, assim como um potencial ganho de 29,0 % em relação à produtividade da linha de produção.



Com a realização do balanceamento, e respetivo sequenciamento das tarefas que se devem realizar em cada posto, surgiu a necessidade de organizar as operações realizadas dentro de cada tarefa. Para o efeito foi criada uma folha de tarefas para cada colaborador, onde surgem descritas todas as operações que este deve realizar no seu posto, que pode ser consultada no Anexo H.

### 4.3 Otimização de processos

Durante a cronometragem de tempos foram verificadas algumas falhas e ineficiências que diminuem a produtividade e aumentam o risco de acidente de trabalho. Perante esta observação, foram propostas algumas melhorias para implementação na produção do *Double Decker Coach*.

#### Pré-montagem do tejadilho

Durante o acompanhamento da montagem da unidade no posto 2, verificou-se um excesso de tempo despendido na aplicação do tejadilho, Tabela 4.4, perante um componente já pré-montado e onde apenas era necessária a sua aplicação e fixação à restante unidade.

Com a devida análise aos dados retirados apercebeu-se que existia uma elevada dificuldade em apertar e centrar os pilares do tejadilho aos painéis e, indubitavelmente aumentaria o tempo atribuído a esta macro-tarefa.

Analisando o processo e inspecionando quais podiam ser as causas do problema, verificou-se que a pré-aplicação dos pilares no tejadilho, dificultam o ajustamento deste com a restante estrutura do autocarro aquando da sua acoplação e a fixação dos pilares com os painéis é demorada, pois estes têm que ser centrados pelos pilares estruturais dos painéis e quando estão a ser colocados não têm nenhuma referência, como por exemplo furos para a colocação dos rebites. Como solução, foi proposto que na pré-montagem dos painéis se incluíssem já os pilares, tornando assim a colocação do tejadilho menos demorada.

Finalizando, com esta mudança teríamos um ganho potencial de 40 % do tempo total produtivo da macro-tarefa montagem do tejadilho.

Tabela 4.4 - Operações realizadas na pré-montagem do tejadilho

Tarefas	Tempo (min)
<b>Içar</b>	59
<b>Marcar</b>	42
<b>Colocar</b>	54
<b>Prender</b>	127
<b>Afinar/Ajustar</b>	189

## Calçar Chassi

A macro-tarefa onde está incluída a operação de calçar o chassi, demora 9 h e 41 min, sendo que, de este tempo, cerca de 6 horas são atribuídas à execução da operação em causa, tornando-se assim uma execução demorada.

A criação de calços é algo que não pode ser dispensado na produção de qualquer unidade da empresa, e por isso a sua eliminação está fora de questão.

A solução pensada para este problema, e como forma de otimizar a macro-tarefa, foi a criação de calços universais, isto é, a produção de uma estrutura que possa funcionar como calço para qualquer produto da empresa e não haja necessidade de criação, novo desperdício de tempo, de novos calços sempre que seja haja a entrada de uma nova encomenda na empresa.

Assim criou-se uma estrutura com uma base que serve de apoio e onde no cimo foram incorporadas bases ajustáveis por parafuso, construindo-se assim calços universais, que do mesmo modo podem ser utilizados para todos os modelos da empresa, Figura 4.1. Além da poupança de tempo na operação para o *Double Decker Coach*, em 5 h, há uma minimização de desperdício de tempo em todos os outros produtos da empresa.



Figura 4.1 - Calço universal

## Aplicação da chaparia da bagageira

Com a análise de toda a tarefa de aplicação de chaparia na bagageira, Tabela 4.5, verifica-se que há a repetição excessiva de algumas micro-tarefas que implica inclusive o aumento da demora da macro-tarefa. A mais flagrante remete-se à preparação de chapas para se aplicar na bagageira.

Após verificação de todo o procedimento de montagem averiguou-se que o excesso de tempo disponibilizado para esta operação se prendia com a adaptação de todas as chapas ao local onde vão ser montadas, algo que inicialmente não deveria acontecer, pois as placas foram quinadas conforme os desenhos disponibilizados pelo departamento de engenharia.

Assim foi formalizada uma proposta de alteração das medidas das chapas que são colocadas na bagageira da unidade ao departamento de engenharia reduzindo assim em 5 h e 22 min o tempo de realização da macro-tarefa em causa. Em anexo encontra-se a proposta de alteração entregue no departamento de engenharia.

Tabela 4.5 - Tabela com todas as operações realizadas (A) e as operações necessárias com alteração das medidas das chapas (B)

Tarefas	Tempo (min)	Tarefas	Tempo (min)
Rebarbar zona da bagageira para colocar chapas	6	Buscar material	4
Buscar material	2	Preparar material	12
Rebarbar bagageira	30	Soldar bagageira (zona da almofada inferior)	50
Ajustar bagageira	12	Buscar chapa	10
Dúvidas	26	Soldar beiras/ajustar	40
Buscar material	2	Buscar material	4
Preparar material	12	Preparar material	10
Soldar bagageira (zona da almofada inferior)	50	Acoplar barra depósito expansão aos painéis	18
Buscar chapa	10	Soldar	8
Ajustar chapa	10	Buscar tinta	6
Preparar chapa bagageira	123	Pintar (tratamento soldas)	10
Soldar beiras/ajustar	40	Preparar solda e material de trabalho	12
Buscar material	4	Buscar desengordurante	4
Preparar material	10	Aplicar sika no painel	22
Acoplar barra depósito expansão aos painéis	18	Aplicar chaparia na estrutura	104
Ajustar bagageira	8	Arranjar ferramenta	10
Soldar	8	Trocar bico da pistola cola	4
Buscar tinta	6	Colocação do grampo para colar chaparia	16
Pintar (tratamento soldas)	10	Soldar chaparia ao painel	42
Preparar solda e material de trabalho	12	Buscar pistola de cola	4
Preparar aplicação chaparia bagageira	24	Rebitar chaparia bagageira	20
Buscar desengordurante	4	Soldar chaparia ao estrado	71
Aplicar sika no painel	22	Preparar máquina de selar (pistola cola)	8
Aplicar chaparia na estrutura	104	Buscar tubo de aço para grampos	12
Arranjar ferramenta	10	Buscar desengordurante	6
Trocar bico da pistola cola	4	Aplicar desengordurante	8
Colocação do grampo para colar chaparia	16	Buscar cola	6
Soldar chaparia ao painel	42	Buscar grampos	10
Buscar pistola de cola	4	Colocar chapa na bagageira	50
Rebitar chaparia bagageira	20	Buscar material	18
Soldar chaparia ao estrado	71	Limpar superfícies	14
Cortar chapa bagageira	15		
Ajustar chaparia da bagageira	37		
Preparar máquina de selar (pistola cola)	8		
Buscar tubo de aço para grampos	12		
Buscar desengordurante	6		
Aplicar desengordurante	8		
Colocar chapa bagageira (preparar)	31		
Buscar cola	6		
Buscar grampos	10		
Colocar chapa na bagageira	50		
Buscar material	18		
Limpar superfícies	14		

(A)

(B)

## Revestimento painéis interiores

Através da análise da Tabela 4.6, é possível dividir a macro-tarefa em três grupos de operação: preparação da pecolite, colagem da napa na pecolite, e aplicação dos painéis no local correto - São os grupos perceptíveis e sobre os quais vão recair as análises de melhoria.

Verifica-se que existe uma elevada quantidade de tempo atribuída aos dois primeiros grupos em comparação com a finalidade geral da tarefa. Inicialmente tem que se retirar as medidas corretas no local de aplicação do material para se obter o tamanho correto da pecolite de forma a forrar o revestimento.

Estes dois grupos podiam ser evitados com a definição do tamanho do revestimento por parte do departamento de engenharia, eliminando assim estas fases e reduzindo em 9 h e 40 min o tempo efetivo de produção. Esta definição por parte da engenharia permitiria uma preparação prévia do revestimento, num posto paralelo, permitindo aos colaboradores destacados para a tarefa apenas necessitarem de colocar na unidade a pecolite forrada, reduzindo assim o tempo efetivo de operação.

Tabela 4.6 - Tabela com todas as operações realizadas (A) e com as operações necessárias com tamanho de painéis definidos (B)

Tarefas	Tempo (min)	Tarefas	Tempo (min)
<i>Retirar medidas para painéis interiores</i>	24	<i>Preparar painéis interiores (por fita-cola)</i>	16
<i>Preparar beiras da pecolite a forrar</i>	12	<i>Desengordurar interior (para colocar painel)</i>	30
<i>Preparar pecolite dos painéis interiores</i>	12	<i>Buscar material</i>	6
<i>Preparar painéis interiores noutra secção (forrar)</i>	176	<i>Colocar painel interior superior (por cola, e colocar no sitio)</i>	108
<i>Tirar medidas para painéis interiores</i>	36	<i>Limpar piso superior</i>	14
<i>Preparar painéis interiores noutra secção (forrar)</i>	120	<i>Retificar</i>	12
<i>Preparar painéis interiores (por fita-cola)</i>	16	<i>Colocar painel interior inferior (por cola, e colocar no sitio)</i>	10
<i>Preparar painel interior superior</i>	58	<i>Preparar painel</i>	6
<i>Preparar painéis interiores noutra secção (forrar)</i>	142	<i>Aplicar painel (preparar)</i>	30
<i>Desengordurar interior (para colocar painel)</i>	30	<i>Buscar material</i>	4
<i>Buscar material</i>	6	<i>Ajustar painel</i>	20
<i>Colocar painel interior superior (por cola, e colocar no sitio)</i>	108	<i>Aplicar painel (preparar)</i>	16
<i>Limpar piso superior</i>	14	<i>Ajustar painel</i>	20
<i>Retificar</i>	12		
<i>Colocar painel interior inferior (por cola, e colocar no sitio)</i>	10		
<i>Preparar painel</i>	6		
<i>Aplicar painel (preparar)</i>	30		
<i>Buscar material</i>	4		
<i>Ajustar painel</i>	20		
<i>Aplicar painel (preparar)</i>	16		
<i>Ajustar painel</i>	20		

(A)

(B)

### Selagem e colagem dos vidros laterais

Durante a execução da tarefa, e com a contabilização dos tempos e métodos utilizados, foi perceptível que a duração da tarefa fosse das maiores de toda a linha de produção.

Tratando-se de uma tarefa homogênea ao longo de toda a sua duração, com a existência de um número reduzido de operações, mas onde a repetição destas é uma constante, verificou-se a necessidade de uma padronização dos movimentos realizados e dos procedimentos utilizados na aplicação dos vidros na unidade em construção.

Existe uma elevada percentagem de tempo desperdiçado ligado à correção de operações relacionadas com a recolagem dos vidros, que não é de todo desejável. Com o estudo da operação da colocação de cola na estrutura verificou-se uma ineficiente aplicação desta, visto tratar-se de um tipo de cola especial o que obriga a um cuidado redobrado na forma como esta é aplicada, tendo-se feito por isso uma instrução de trabalho dedicada a esta aplicação como apresentado em anexo.

De forma a implementar o uso correto da instrução de trabalho em prol de uma maior produtividade, é necessário instruir e incentivar os colaboradores para o seu cumprimento.

### Aplicação dos varões

Analisando a Tabela 4.7, verificamos que a fixação dos varões às estruturas definidas em desenho são as operações que requerem mais tempo de todo o conjunto de tarefas. Tal fica a dever-se ao local onde se vai apertar o varão na zona das escadas, a base superior do varão ao painel lateral direito, concretamente não ser propício para o efeito e não se encontrar nivelado com as restantes bases de apoio.

Tabela 4.7 - Tabela com todas as operações realizadas na aplicação dos varões

Tarefas	Tempo (min)
<i>Colocar corrimão</i>	11
<i>Preparar material (escadas)</i>	8
<i>Colocar corrimão (preparar)</i>	5
<b>Colocar corrimão</b>	<b>10</b>
<i>Buscar material</i>	2
<i>Colocar corrimão</i>	12
<i>Colocar corrimão</i>	13
<i>Buscar material</i>	6
<i>Furar escadas</i>	7
<i>Buscar material</i>	3
<i>Furar escadas</i>	3
<i>Procurar material</i>	3
<b>Colocar varão</b>	<b>12</b>
<i>Colocar varão (furos)</i>	16
<i>Buscar material</i>	2
<b>Colocar varão</b>	<b>27</b>
<b>Acabar de apertar varão</b>	<b>10</b>
<i>Buscar varão</i>	7
<b>Marcar posição do varão</b>	<b>5</b>
<i>Buscar material</i>	5
<i>Colocar varão</i>	3
<b>Colocar corrimão (furos e parafusos)</b>	<b>18</b>
<b>Apertar corrimão</b>	<b>6</b>
<i>Preparar material</i>	7
<b>Apertar corrimão</b>	<b>29</b>
<i>Apertar final dos parafusos</i>	13

Com o estudo da estrutura em causa, optou-se pela construção de uma peça que fizesse de "parede" para o acoplamento da base do varão e ao mesmo tempo proporcionasse uma nivelção segundo todas as bases de aperto do varão. A Figura 4.2 mostra a peça construída para o efeito.

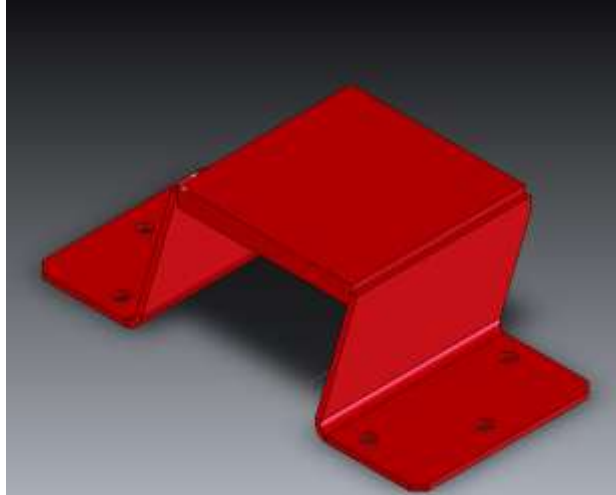


Figura 4.2 - Peça para o acoplamento da base do varão

### **Meios auxiliares de produção**

Com a falta de conhecimento da localização e da identificação dos meios existentes, e com a sua enumeração é possível saber em que posto se encontram, com a finalidade de que modelo, assim como a sua função e quantidade.

O desconhecimento do paradeiro de alguns MAP's é justificado pelo uso excessivo anterior que provocou desgaste, logo o desaparecimento da identificação e da própria vontade dos colaboradores em resolver problemas que apareciam ao longo da produção e assim criavam novos meios.

De forma a resolver o problema criaram-se pequenas chapas de identificação onde constam os códigos dos MAP's e qual o modelo a que pertencem, Figura 4.3.



Figura 4.3 - Figura de chapa de identificação de MAP's

## 5 Conclusões e trabalhos futuros

### 5.1 Conclusões

Com a entrada de um novo produto em linha, surgiu a necessidade de se perceber e encontrar um modo operacional com o mínimo de desperdício de tempo na linha de produção da série em construção, procurando assim uma diminuição do custo de produção, indo desta forma ao encontro dos objetivos da empresa.

Tratando-se de um modelo recente tornou-se necessário fazer a sua industrialização de uma forma já otimizada, pretendendo-se nesse âmbito o acompanhamento de uma das unidades em linha da série inicial, de forma a fazer uma avaliação do processo produtivo existente em linha. Com a observação e registo de tempos associados, foram criadas condições de futuras melhorias tendo em vista o principal objetivo da empresa. A qualificação e quantificação da origem dos desperdícios de tempo permitem numa próxima série de produção compreender o impacto real das mesmas na linha de produção.

A implementação do balanceamento na linha de produção irá provocar um aumento da produtividade e eficiência nos postos de trabalho com a redução dos tempos de trabalho. De salientar que a sua introdução ao longo da linha será um processo demorado, pois exige mudança de hábitos por parte dos colaboradores e necessariamente a sua resistência à mudança. Além disso, e por normas da empresa, há a necessidade de discussão das soluções apresentadas pelos diversos departamentos, o que implica que todas as propostas de melhorias apresentadas, ainda serão alvo de análise pelos departamentos envolvidos.

Em relação à proposta apresentada relacionada com a implementação do balanceamento das secções consideradas, estas permitem estimar ganhos com uma percentagem bastante considerável, sendo de 32,9 % em relação à redução de tempos (313 h) e de 29,0 % respeitante à produtividade, o que em termos de colaboradores permite uma redução de 43 pessoas envolvidas na linha de produção.

Considerando apenas as otimizações de operações sugeridas pela análise de processos, podemos acrescentar ganhos de 189 min na montagem do tejadilho, 322 min na colocação da chaparia na bagageira, 580 min no revestimento dos painéis laterais e 300 min na tarefa de calçar o chassi da unidade em produção.

Na totalidade de todas as propostas apresentadas, balanceamento e melhorias de processos, apenas considerando as secções agendadas pela empresa para análise, pré-montagem, estruturas e acabamentos, obtivemos ganhos de 337,25 h que representa uma redução de 39,0% do tempo total de produção da unidade para as respetivas secções.

Focando-nos agora em meios não quantitativos mas sim qualitativos, a identificação dos meios auxiliares de produção possibilitaram a atualização de uma ferramenta de planeamento já existente onde se registam as movimentações dos meios e materiais pelos postos de trabalho.



Em suma, e depois de realizado todo o estudo proposto, a mesma só terá precursões e o resultado proposto quando todas as pessoas inerentes à hierarquia organizacional da Empresa se demonstrarem receptivas à introdução das propostas sugeridas e assim facilitarem a sua inclusão numa próxima série.

## **5.2 Trabalhos Futuros**

O prolongamento do projeto é imprescindível caso se pretenda obter resultados reais, que vão de encontro à aplicação dos processos e sugestões indicadas ao longo da presente dissertação.

A aplicação da análise realizada é um procedimento que já traria muitas perspetivas de melhoramento na linha de produção, mas indo ao encontro da satisfação de todas as partes, a análise detalhada de todas as operações na linha e um acompanhamento permanente de todos os colaboradores permitiria encontrar outros procedimentos para implementação. As partes interessadas seriam obviamente a empresa, os colaboradores, os fornecedores e claro os clientes.

A execução das propostas só farão sentido caso a hierarquia comece pela sua implementação, mostrando e motivando assim os colaboradores para a necessidade da sua implementação e melhoria contínua de tudo que envolva os seus interesses e os da empresa.

Com o devido acompanhamento e análise das linhas de produção, no futuro a implementação do conceito SMED, implementação de medidas que proporcionem a alteração de ferramentas de uma forma mais eficiente, diminuindo assim o tempo de preparação, será uma mais-valia para a empresa, ajudando assim à iniciação da automatização que aumentaria a eficácia e a eficiência das linhas de produção.

## Referências

- Abdulmalek, Fawaz A e Jayant Rajgopal. 2007. "Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study". *International Journal of production economics* no. 107 (1):223-236.
- Alves, Anabela Carvalho e Natascha van Hattum-Janssen. 2011. "Hands-on simulation in the classroom to teach new concepts and to prepare future industrial engineers as operator's instructors". Comunicação apresentada em Third International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE2011).
- Brito, Mário, Projectos Eurisko–Estudos e AEP–Associação Empresarial de Portugal. 2003. "Manual Pedagógico PRONACI Manutenção". *Associação Empresarial de Portugal*.
- Carravilla, Maria Antónia. 1998. "Layouts: Balanceamento de linhas".
- Chase, Jacobs. Aquilano, 2004, Operations and Management. McGraw-Hill, Singapore.
- Jacobs, F Robert e Richard B Chase. 2011. Operation and supply chain management. McGraw Hill-Irwin.
- Liker, Jeffrey K e Thomas Y Choi. 2004. "Building deep supplier relationships". *Harvard business review* no. 82 (12):104-113.
- Marchwinski, Chet e John Shook. 2003. *Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers*. Lean Enterprise Institute.
- Miltenburg, John. 2001. "U-shaped production lines: A review of theory and practice". *International Journal of Production Economics* no. 70 (3):201-214.
- Sutherland, Joel e Bob Bennett. 2007. "The seven deadly wastes of logistics: applying Toyota Production System principles to create logistics value". *White paper* no. 701.
- Ugur Ozcan, Bilal Toklub. 2008. "Multiple-criteria decision-making in two-sided assembly line balancing: A goal programming and a fuzzy goal programming models". *Computers & Operations Research* (36):1955 - 1965.
- Womack, James P, Daniel T Jones e Daniel Roos. 2003. "The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. 1991". *New York: Rawson Associates*.

## ANEXO A: Folha utilizada para cronometragem de operações

[illegible]

## ANEXO B: Situação Inicial da linha de produção na secção de pré-montagem

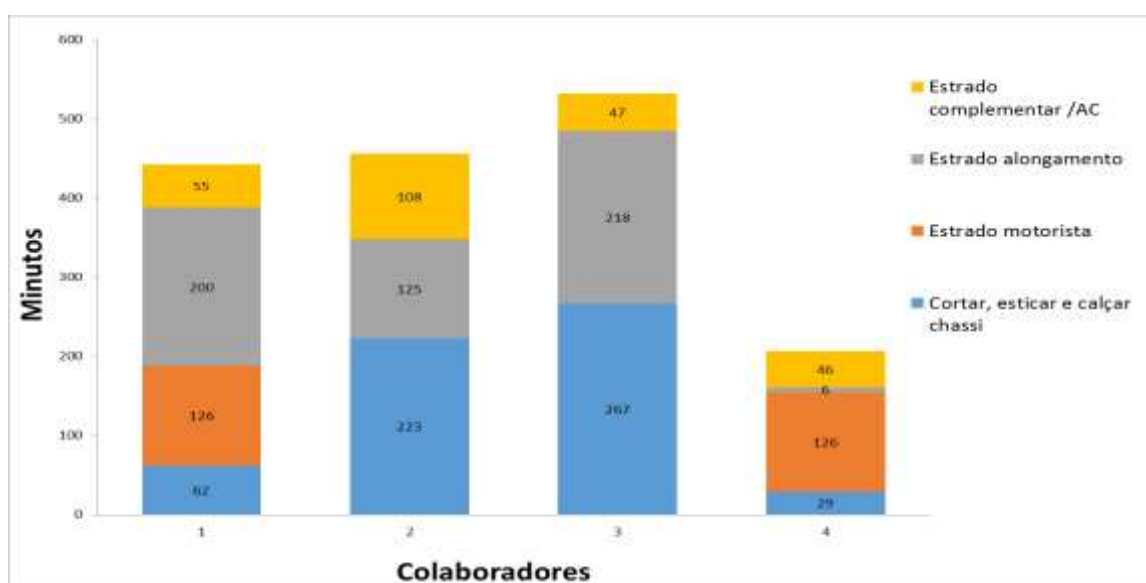


Figura B.1 - Situação inicial no posto 1 da secção de pré-montagem

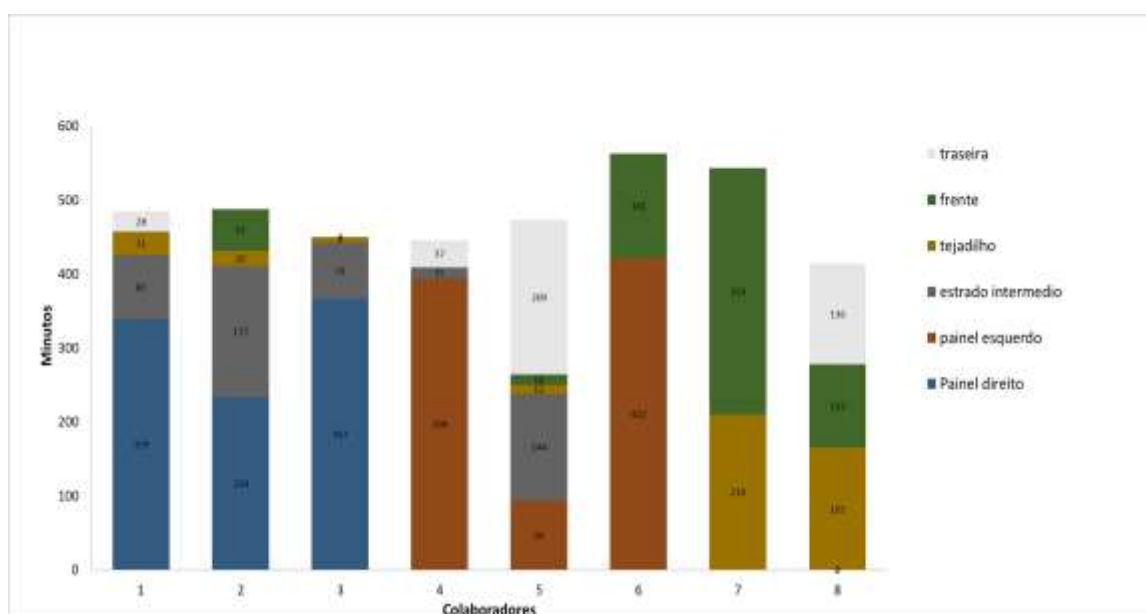


Figura B.2 - Situação inicial no posto 2 da secção de pré-montagem

## ANEXO C: Situação Inicial da linha de produção na secção de estruturas

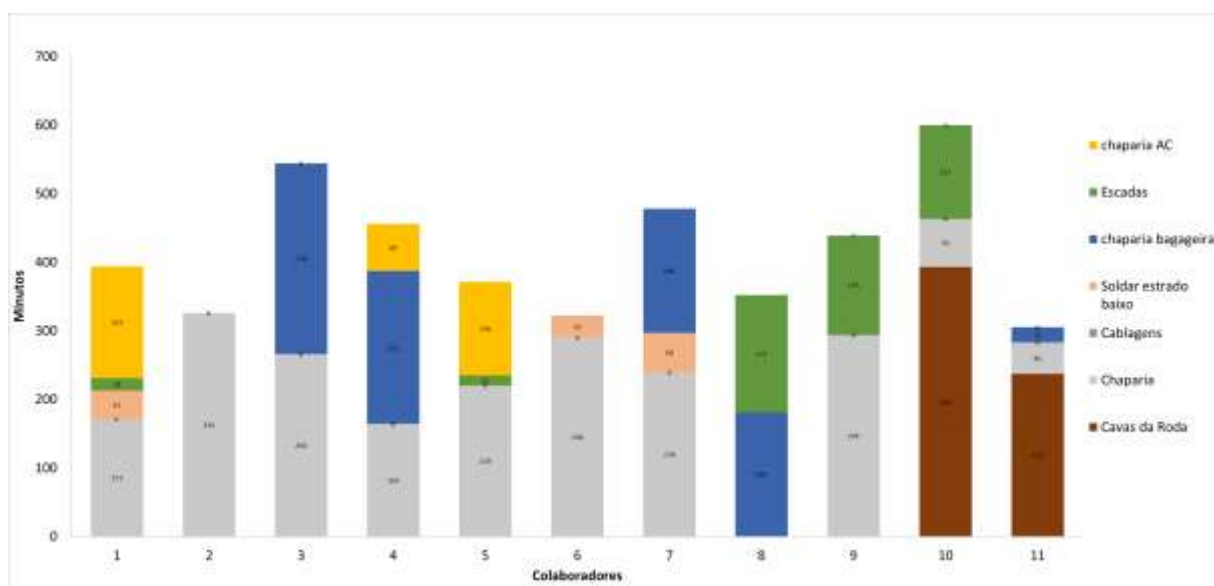


Figura C.1 - Situação inicial no posto 1 & 2 da secção de estruturas

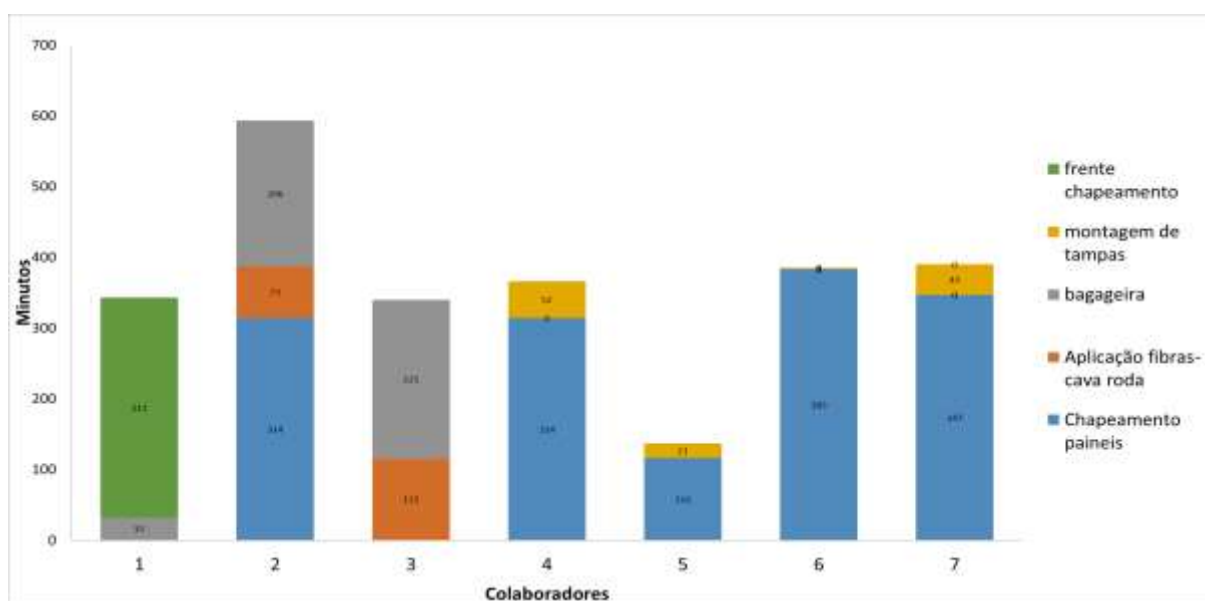


Figura C.2 - Situação inicial no posto 3 da secção de estruturas

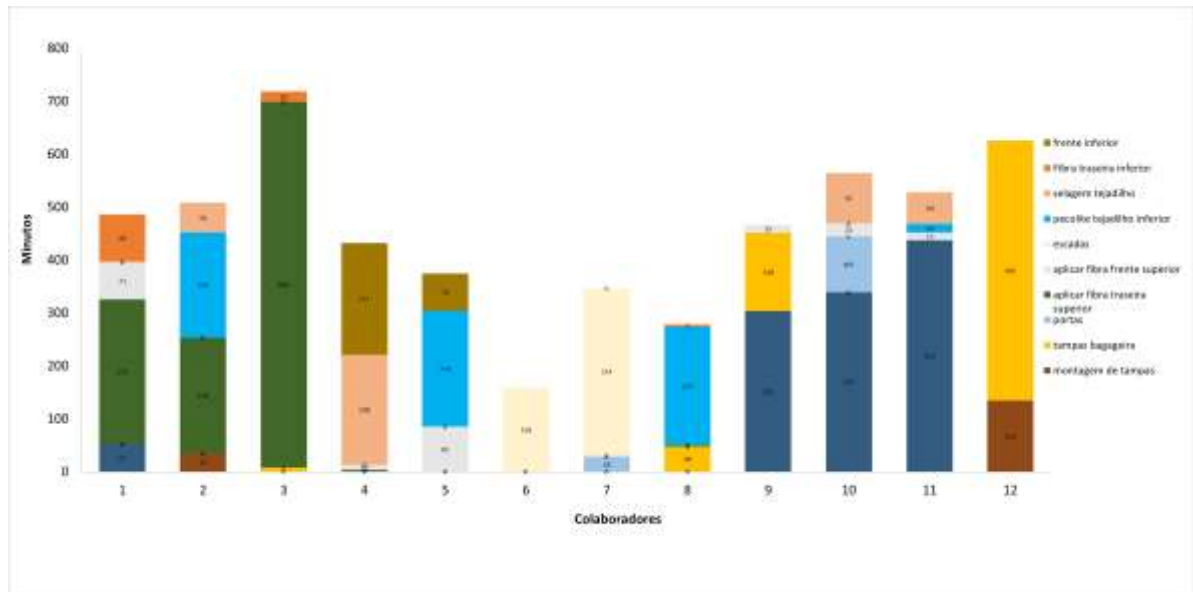


Figura C.3 - Situação inicial no posto 4 da secção de estruturas

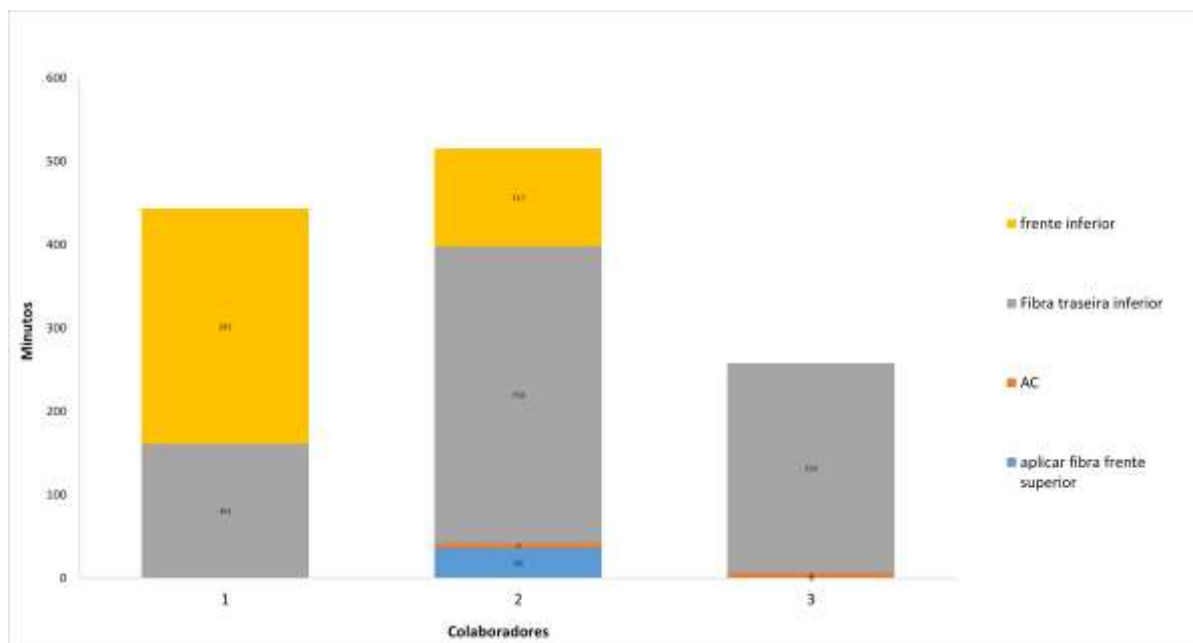


Figura C.4 - Situação inicial no posto 5 da secção de estruturas

## ANEXO D: Situação Inicial da linha de produção na secção de acabamentos

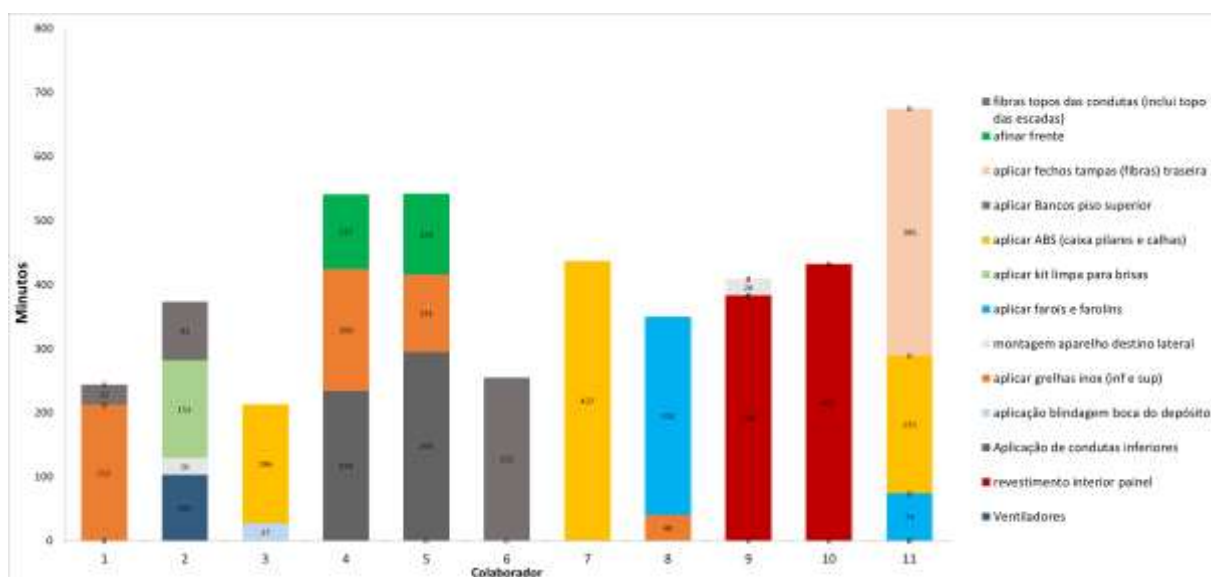


Figura D.1 - Situação inicial no posto 1 da secção de acabamentos

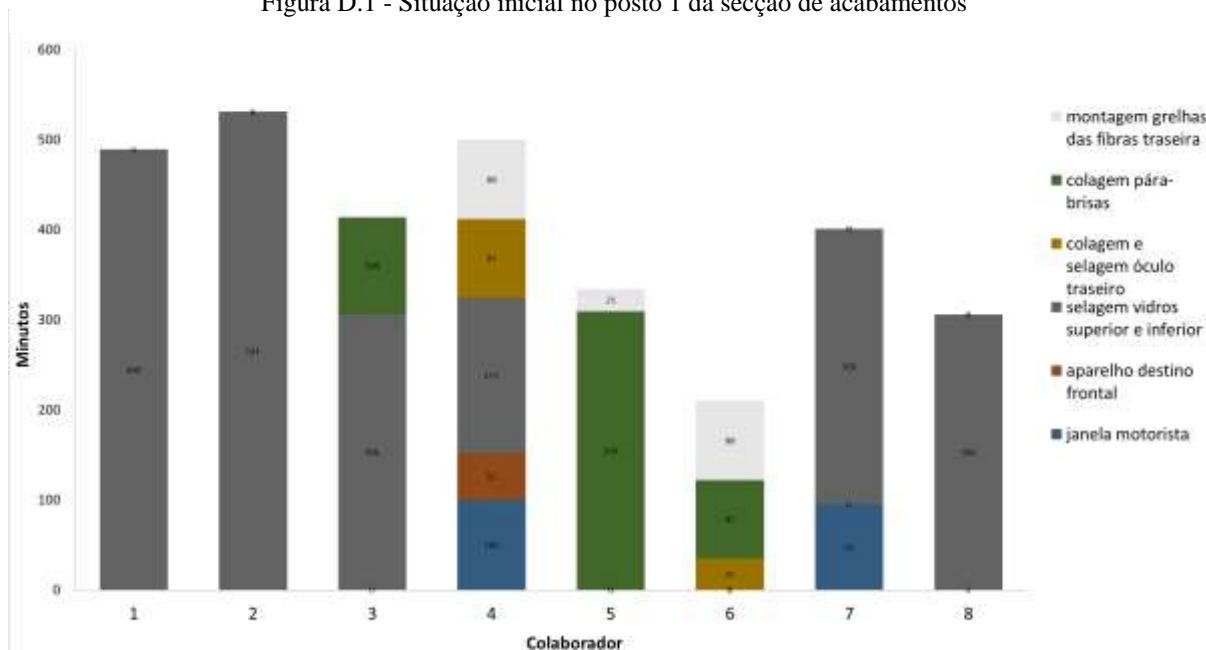


Figura D.2 - Situação inicial no posto 2 da secção de acabamentos

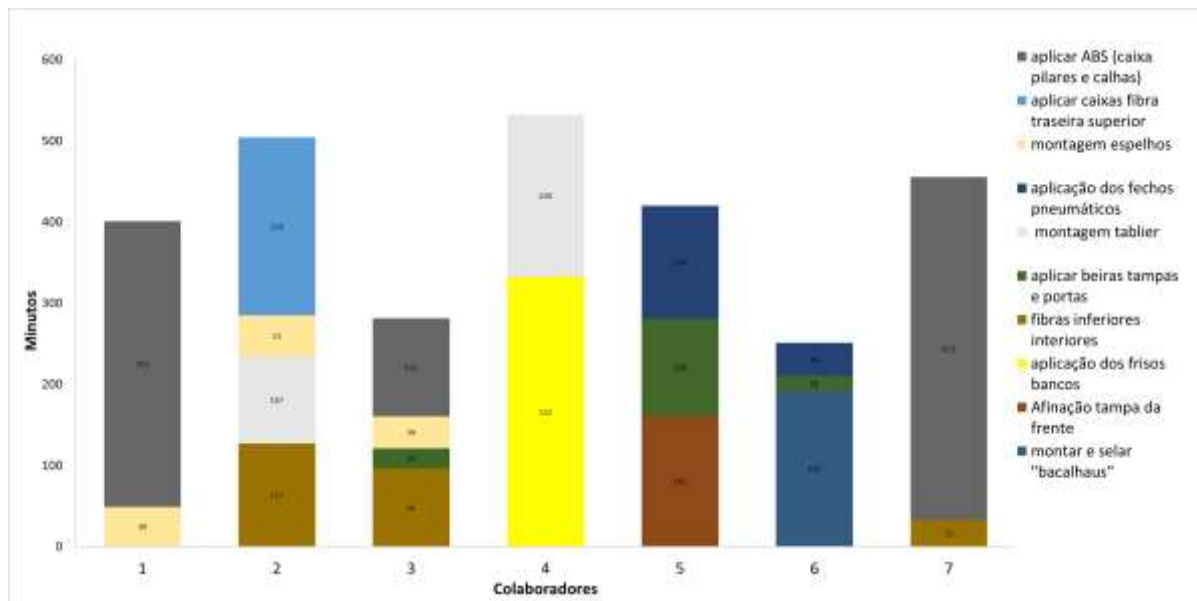


Figura D.3 - Situação inicial no posto 3 da secção de acabamentos

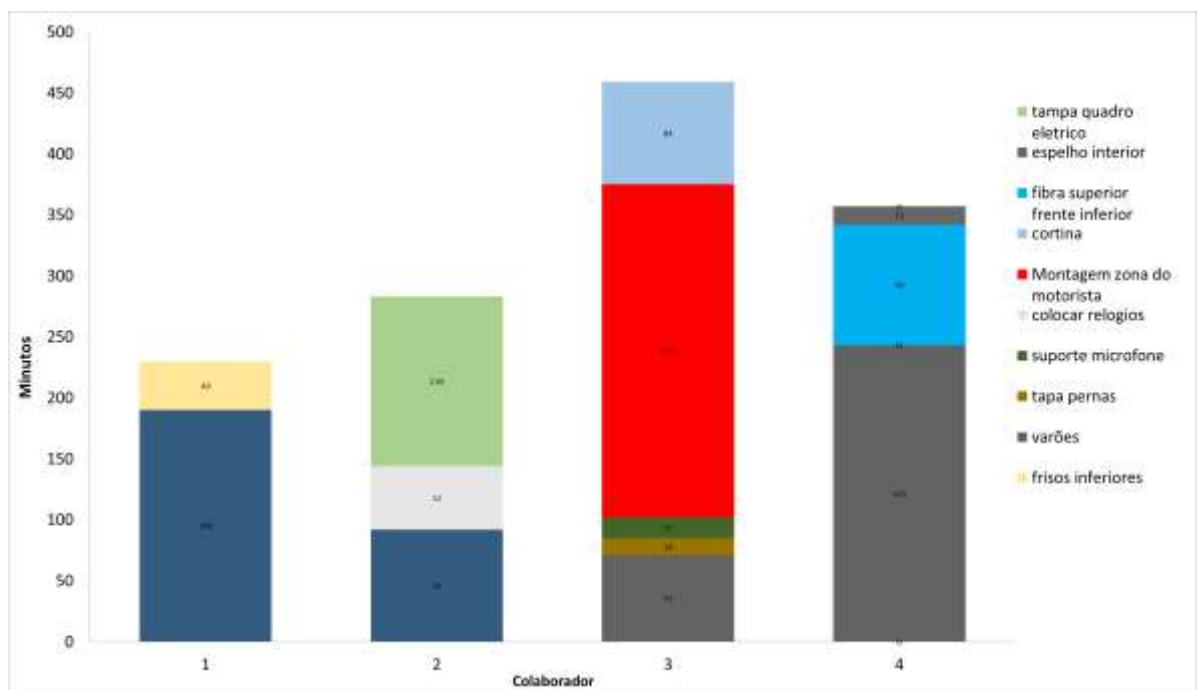


Figura D.4 - Situação inicial no posto 4 da secção de acabamentos



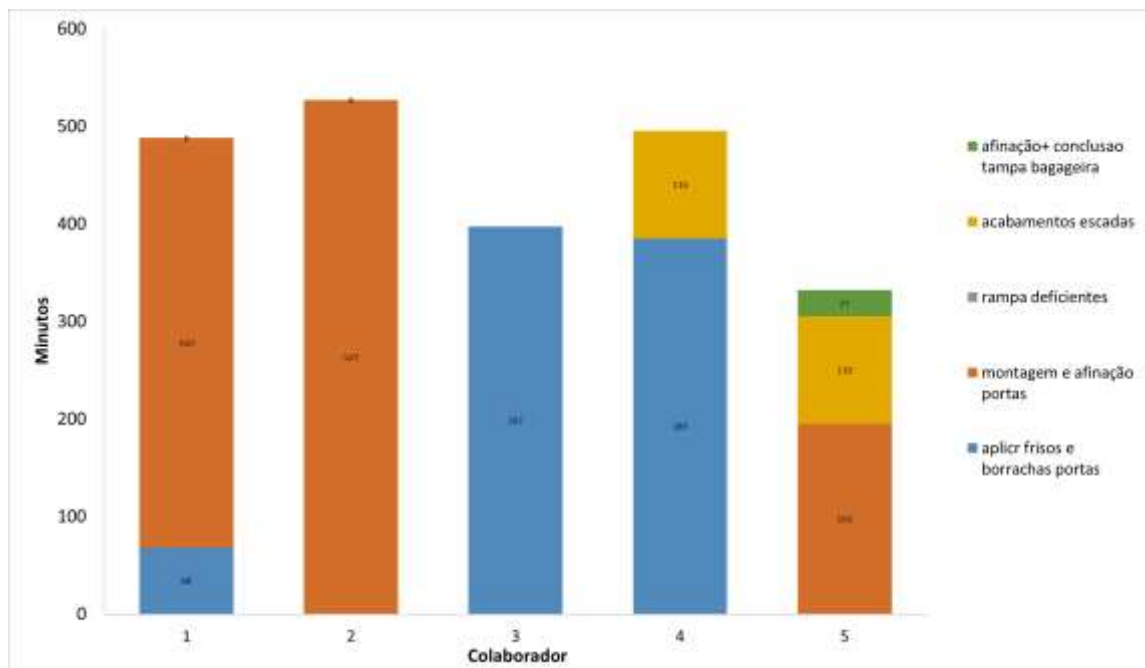


Figura D.5 - Situação inicial no posto 5 da secção de acabamentos

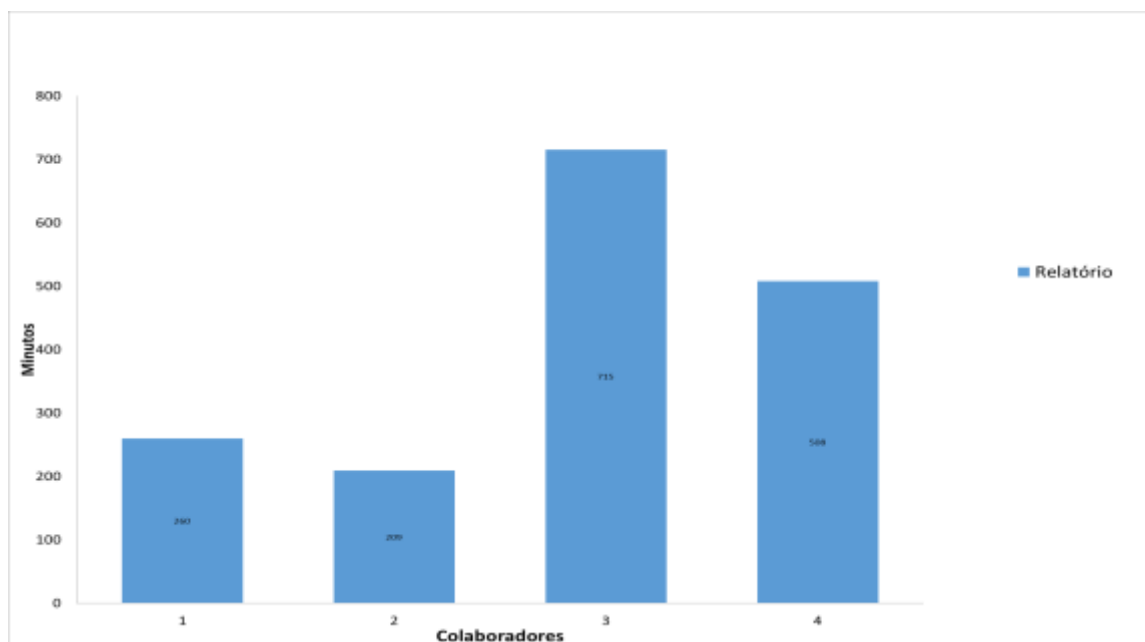


Figura D.6 - Situação inicial no posto 6 da secção de acabamentos

## ANEXO E: Balanceamento na secção de pré-montagem

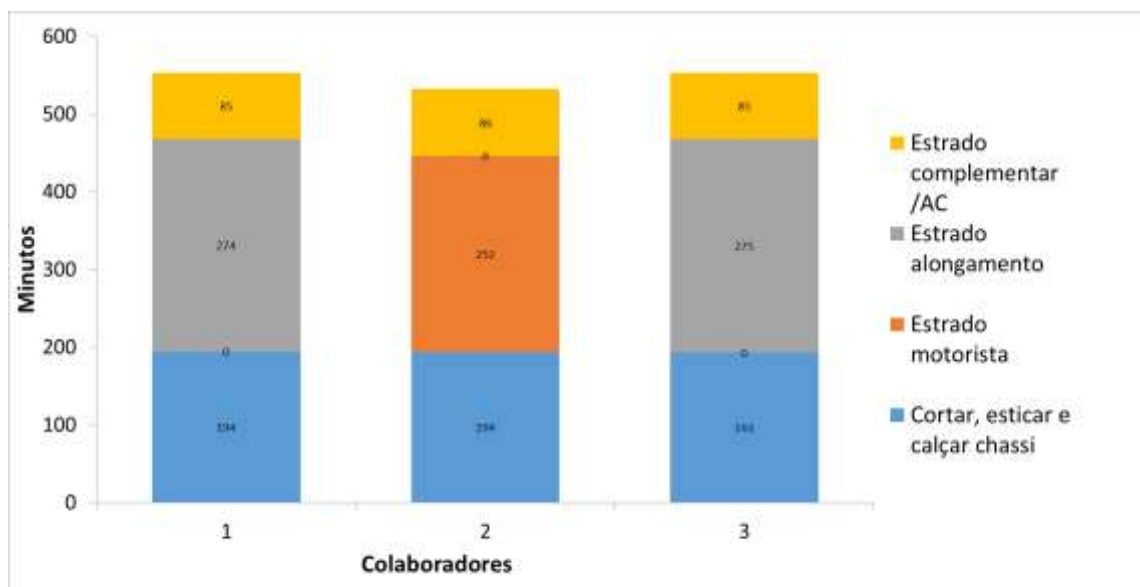


Figura E.1 - Balanceamento no posto 1 da secção de pré-montagem

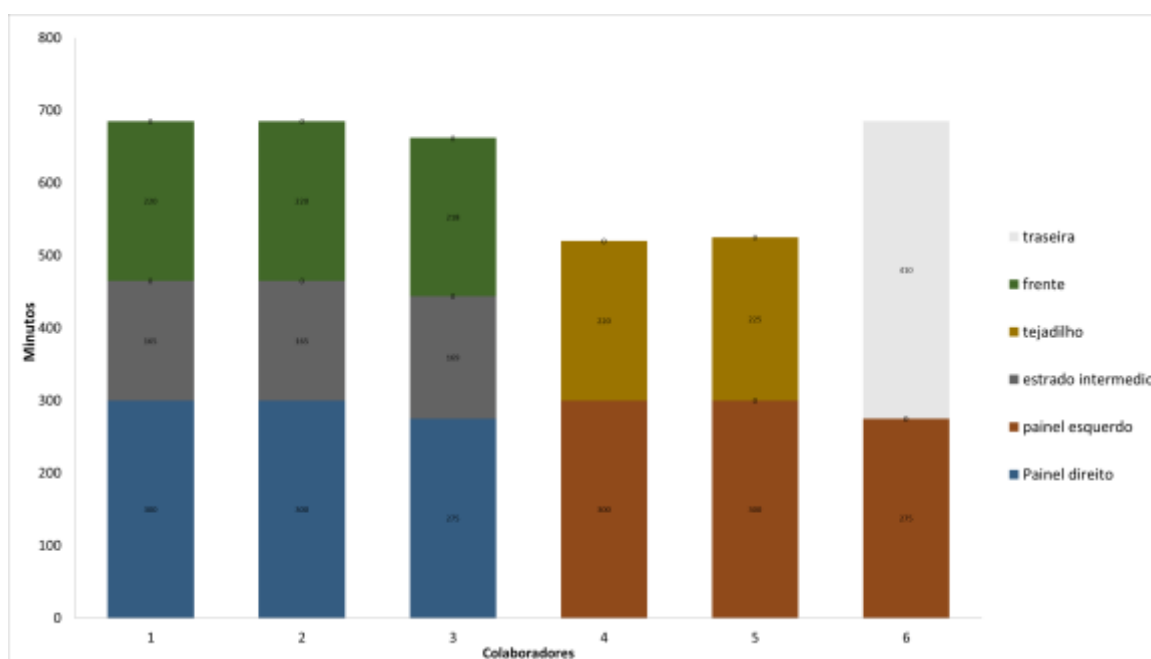


Figura E.3 - Balanceamento no posto 2 da secção de pré-montagem

## ANEXO F: Balanceamento na secção de estruturas

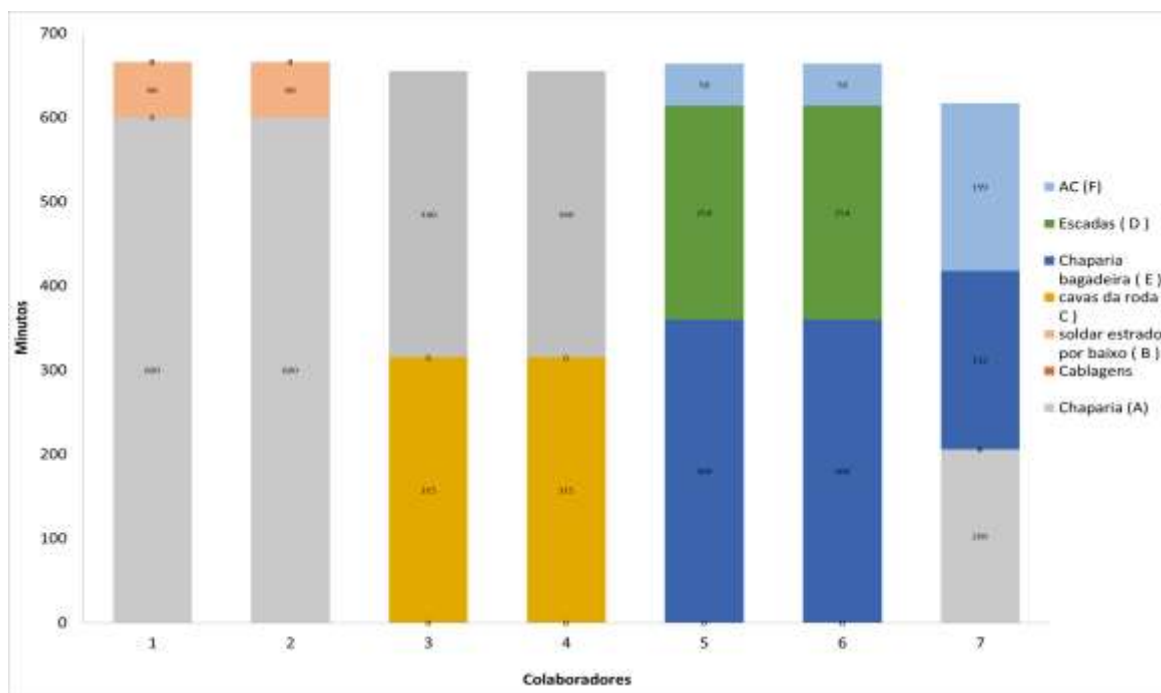


Figura F.1 - Balanceamento no posto 1 & 2 da secção de estruturas

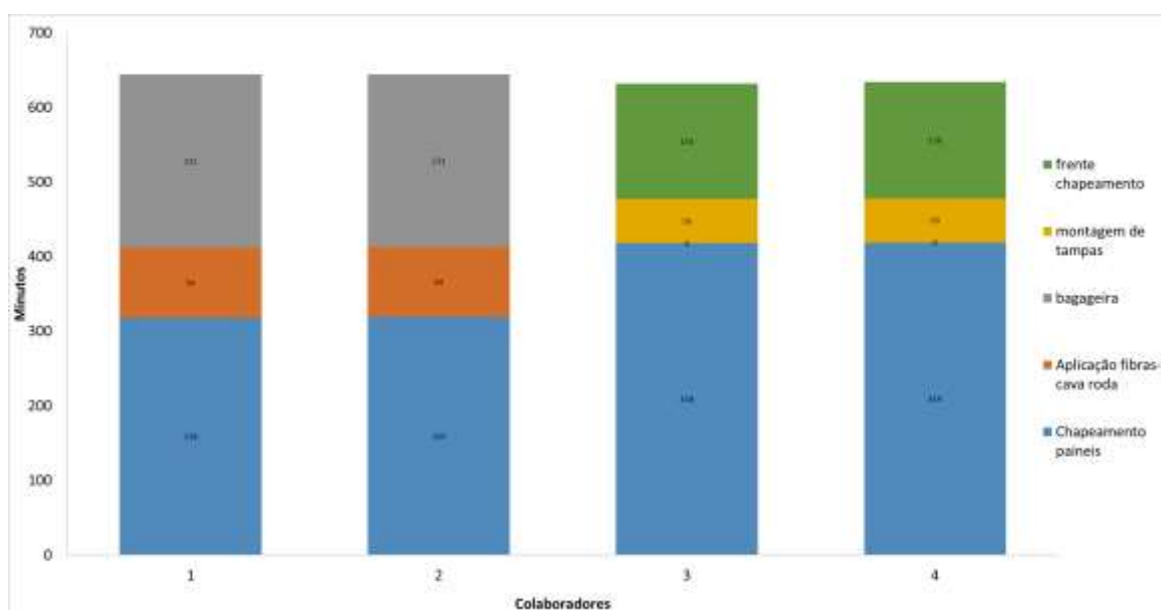


Figura F.2 - Balanceamento no posto 3 da secção de estruturas

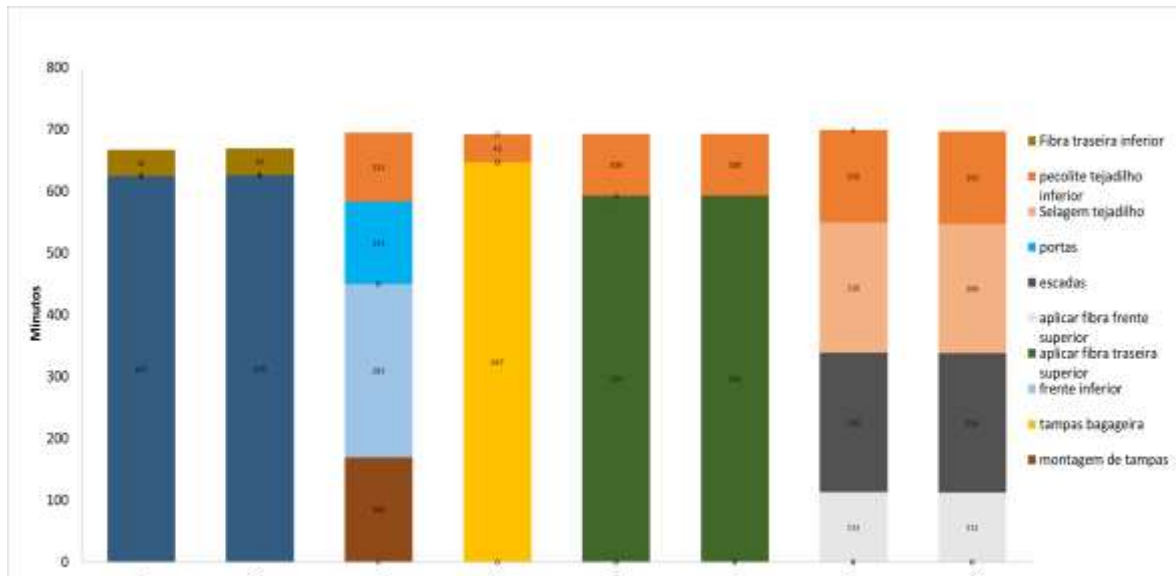


Figura F.3 - Balanceamento no posto 4 da secção de estruturas

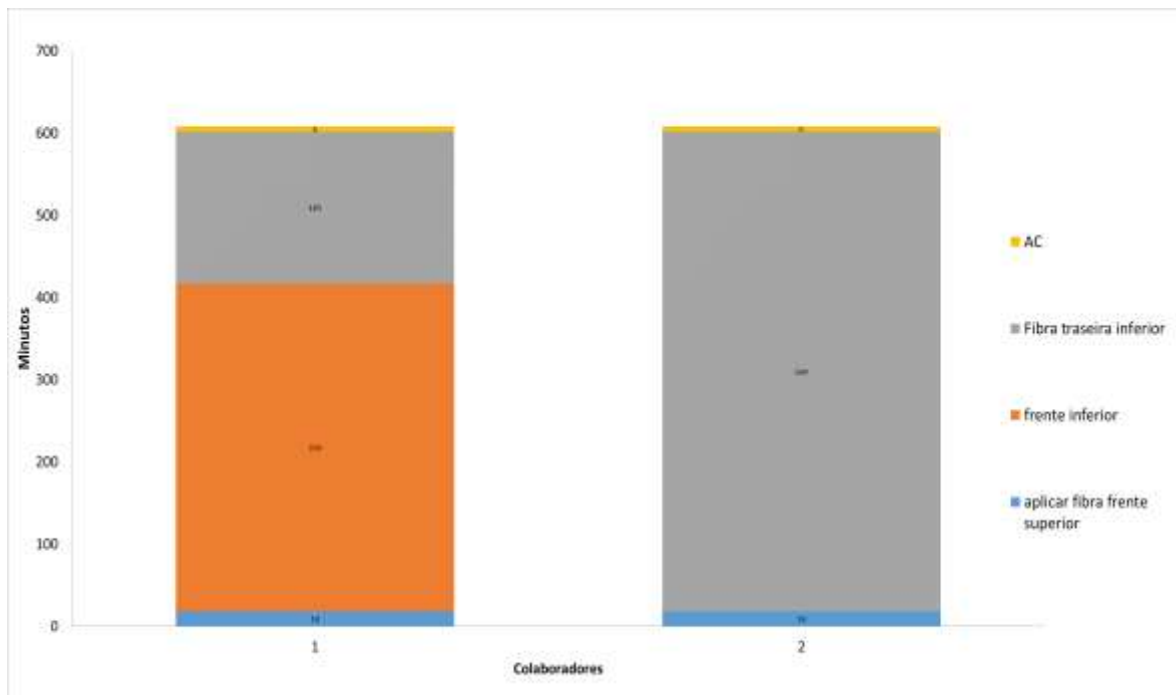


Figura F.4 - Balanceamento no posto 5 da secção de estruturas

## ANEXO G: Balanceamento na secção de acabamentos

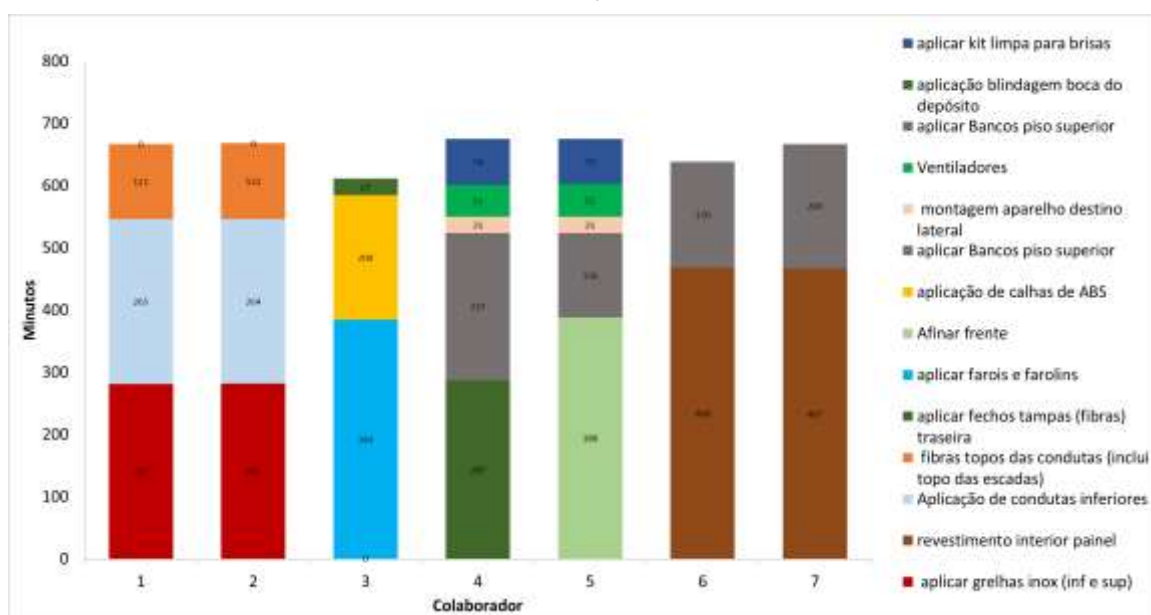


Figura G.1 - Balanceamento no posto 1 da secção de acabamentos

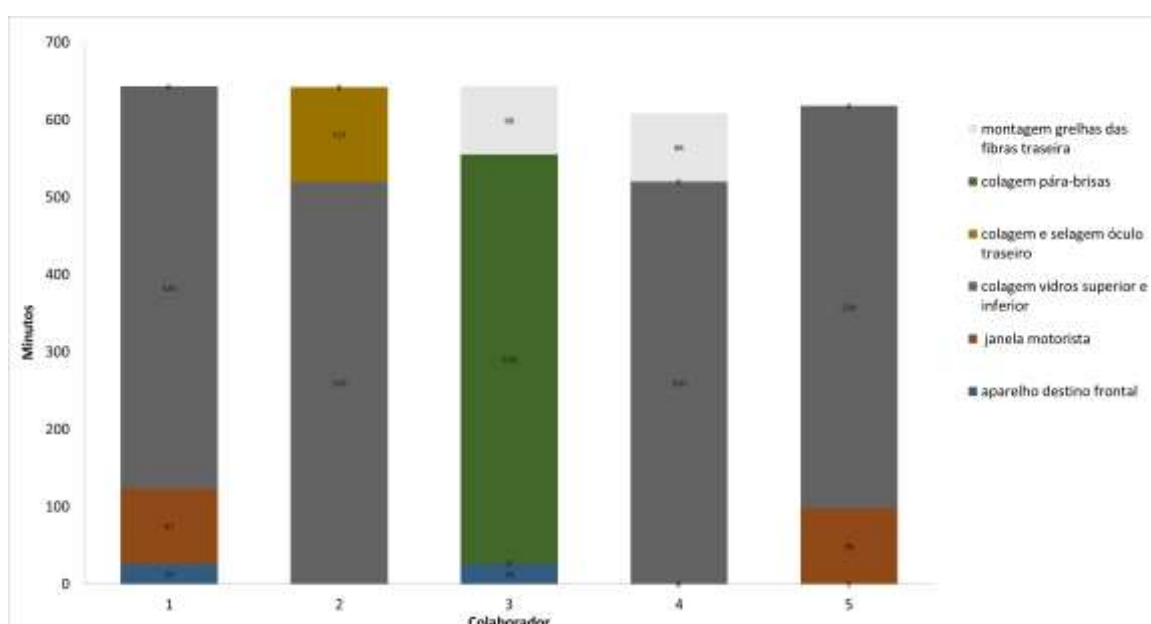


Figura G.2 - Balanceamento no posto 2 da secção de acabamentos

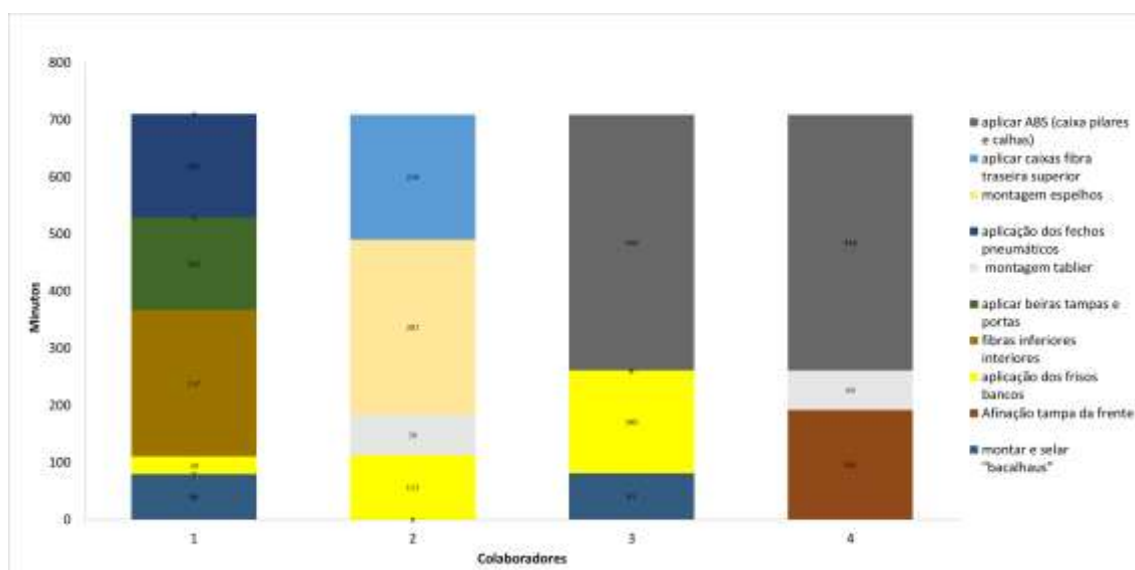


Figura G.3 - Balanceamento no posto 3 da secção de acabamentos

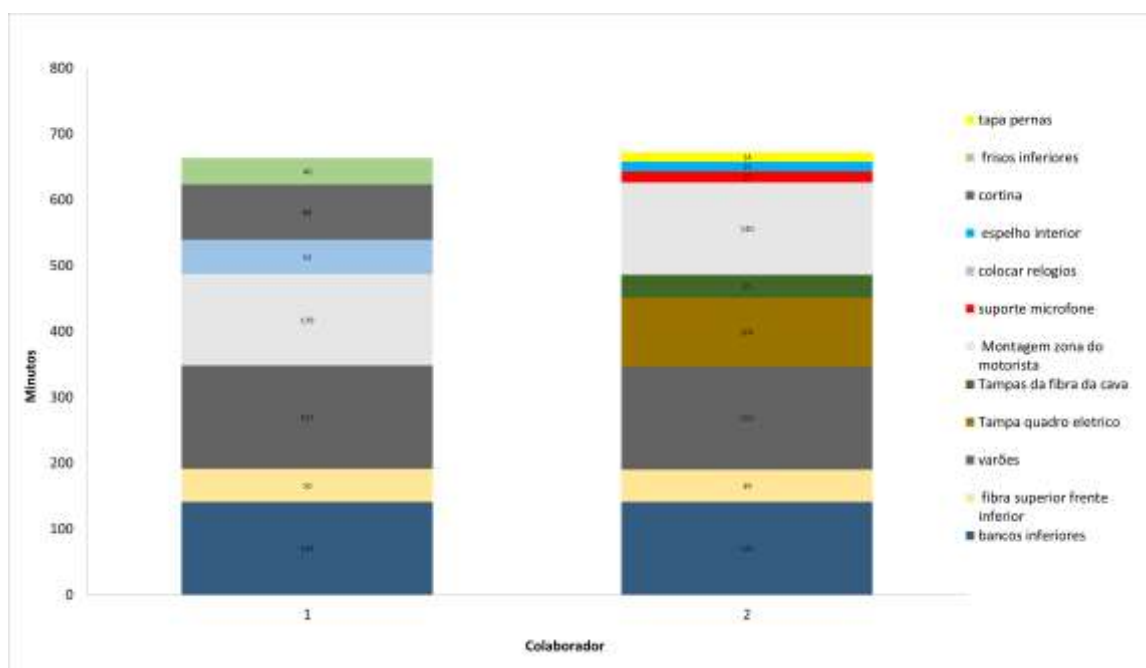


Figura G.4 - Balanceamento no posto 4 da secção de acabamentos

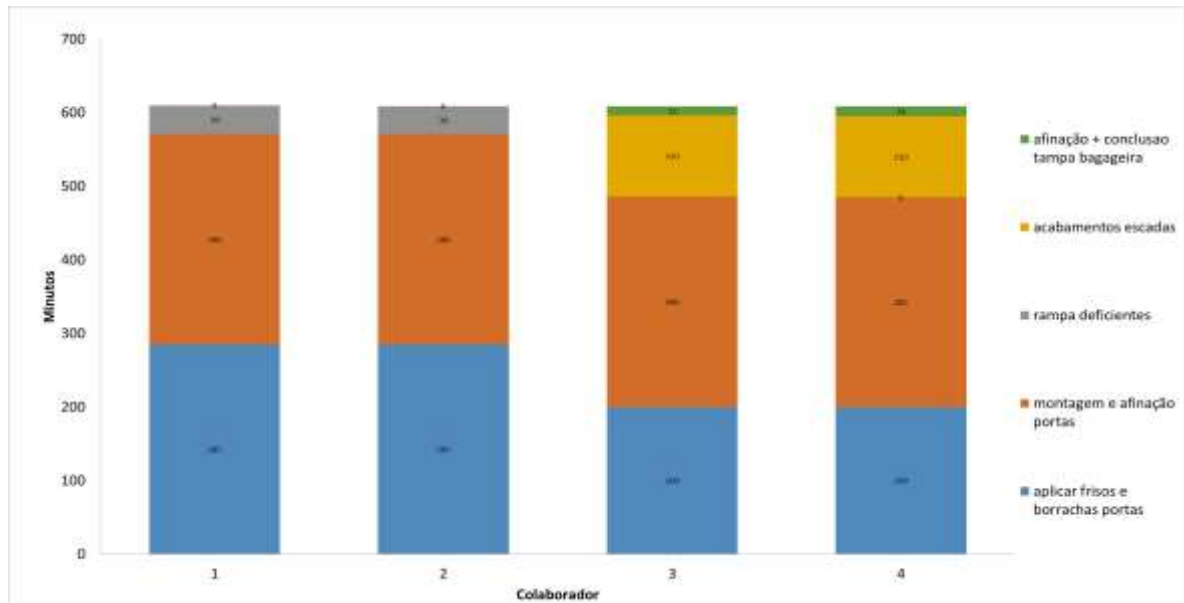


Figura G.5 - Balanceamento no posto 5 da secção de acabamentos

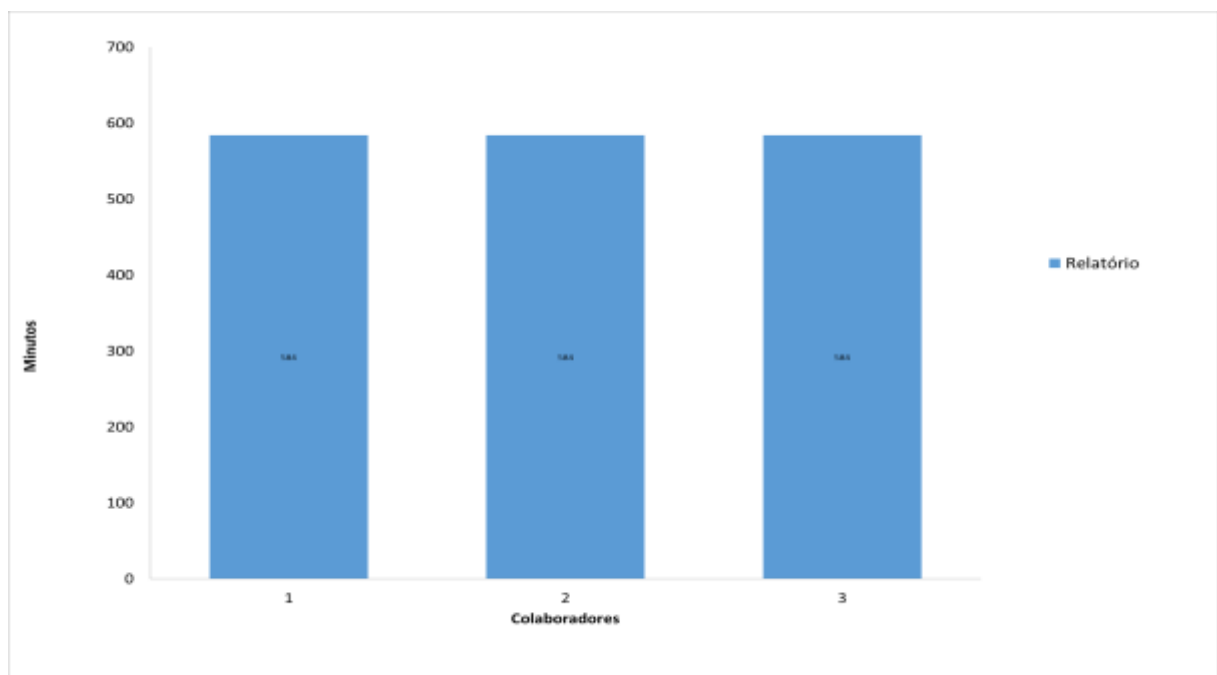



Figura G.6 - Balanceamento no posto 5 da secção de acabamentos

## ANEXO H: Ficha Normalizada de Trabalho de um colaborador do posto 5 da secção das estruturas

		<b>Ficha Normalizada de Trabalho</b> Operador		Modelo:			
PEM				PEP:			
Elaborado:		em ____/____/____		Secção: 02			
Alteração:				Posto: 5			
Operador 2							
Operação				Tempo (min)	Tempo Acumulado (min)	Meio Produção	Rubrica
1	preparar materiais	Frente superior	00:03:00	00:03:00			
2	colar fibra frente superior à estrutura		00:14:00	00:17:00			
3	fazer acabamento da cola aplicada		00:01:00	00:18:00			
4	ajustar traseira	Traseira Inferior	00:04:00	00:22:00			
5	preparar material		00:10:00	00:32:00			
6	preparar carro (tapar com panos)		00:03:00	00:35:00			
7	pegar porta traseira		00:03:00	00:38:00			
8	colocar porta traseira inferior(preparação)		00:23:00	01:01:00			
9	buscar material		00:03:00	01:04:00			
10	colocar porta traseira (preparação)		00:14:00	01:18:00			
11	colocar porta traseira		00:07:00	01:25:00			
12	preparar peças para acopolação		00:23:00	01:48:00			
13	colocar porta traseira		00:07:00	01:55:00			
14	preparar peças para acopolação		00:16:00	02:11:00			
15	soldar peça na porta traseira(preparação)		00:03:00	02:14:00			
16	buscar material		00:04:00	02:18:00			
17	buscar material		00:04:00	02:22:00			
18	colocar porta traseira inferior (preparação)		00:12:00	02:34:00			
19	buscar material		00:07:00	02:41:00			
20	colocar porta traseira inferior (preparação)		00:03:00	02:44:00			
21	colocar porta traseira inferior (preparação)		00:12:00	02:56:00			
22	colocar porta inferior traseira		00:41:00	03:37:00			
23	colocar porta inferior traseira		00:18:00	03:55:00			
24	colocar peça das luzes		00:29:00	04:24:00			
25	colocar porta baixo traseira		00:24:00	04:48:00			
26	luzes		00:25:00	05:13:00			
27	porta baixo traseira		00:08:00	05:21:00			
28	buscar material		00:03:00	05:24:00			
29	luzes(preparação)		00:26:00	05:50:00			
30	por luzes		00:35:00	06:25:00			
31	aplicar cola		00:35:00	07:00:00			
32	limpar cola		00:04:00	07:04:00			
33	preparar luzes		00:04:00	07:08:00			
34	preparar luzes		00:10:00	07:18:00			
35	afinar porta traseira baixo		01:24:00	08:42:00			
36	acabamento final luzes		00:30:00	09:12:00			
37	aplicar cola luzes		00:10:00	09:22:00			
38	acabamento final luzes		00:06:00	09:28:00			
39	desengordurar e aplicar primário (luzes)		00:12:00	09:40:00			
40	aplicar cola (luzes)		00:10:00	09:50:00			
41	acabamentos luzes		00:15:00	10:05:00			
42	Buscar AC	AC	00:03:00	10:08:00			
43	Colocar AC		00:03:00	10:11:00			



## ANEXO I: Tempos retirados das macro-tarefas realizadas nas secções de pré-montagem, estruturas e acabamentos.

Secção	Posto	Macro-Tarefas	Min
Pré-Montagem	0	Acopolação de peças	275
		Preparação do chassis	84
		Instalações Pneumáticas	272
		Instalações elétricas	56
		Volante	64
		Depósito de expansão	81
	1	Cortar, esticar e calçar chassi	581
		Estrado motorista	252
		Estrado alongamento	549
		Estrado complementar /AC	256
	2	Paineis	1750
		Estrado intermédio	499
		Tejadilho	445
		Frente	658
		Traseira	410
Estruturas	1 & 2	Chaparia	646
		Soldar estrado baixo	132
		Escadas	508
		cavas roda	630
		chaparia bagageira	932
		chaparia AC	299
	3	Chapeamento paineis inferiores	1474
		Aplicação fibras-cava roda	188
		bagageira	463
		montagem de tampas	118
		frente chapeamento	311
	4	Chapeamento paineis superiores	1251
		montagem de tampas	169
		tampas bagageira	647
		portas	133
		aplicar fibra traseira superior	1186
		aplicar fibra frente superior	225
		escadas	472
		pecolite tejadilho inferior	657
		selagem tejadilho	419
		Fibra traseira inferior	115
		frente inferior	281
	5	aplicar fibra frente superior	36
		AC	12
		Fibra traseira inferior	769
		frente inferior	399

Secção	Posto	Macro-Tarefas	Min
Acabamentos	1	Ventiladores	103
		revestimento interior painel	935
		Aplicação de condutas inferiores	529
		aplicação blindagem boca do depósito	27
		aplicar grelhas inox (inf e sup)	563
		montagem aparelho destino lateral	52
		aplicar faróis e farolins	384
		aplicar kit limpa para brisas	153
		aplicar ABS (caixa pilares e calhas)	186
		aplicar Bancos piso superior	743
		aplicar fechos tampas (fibras) traseira	287
		afinar frente	388
		fibras topos das condutas (inclui topo das escadas)	243
	2	janela motorista	195
		aparelho destino frontal	52
		selagem vidros superior e inferior	2081
		colagem e selagem óculo traseiro	122
		colagem pára-brisas	529
		montagem grelhas das fibras traseira	176
	3	Afinação tampa da frente	192
		montar e selar "bacalhaus"	161
		aplicação dos frisos bancos	323
		fibras inferiores interiores	257
		aplicar beiras tampas e portas	162
		montagem espelhos	307
		aplicação dos fechos pneumáticos	181
		montagem tablier	139
		aplicar caixas fibra traseira superior	219
		aplicar ABS (caixa pilares e calhas)	896
	4	bancos inferiores	282
		frisos inferiores	40
		varões	314
		tapa pernas	14
		suporte microfone	17
		colocar relógios	52
		Montagem zona do motorista	273
		cortina	84
		fibra superior frente inferior	99
		espelho interior	15
		tampa quadro elétrico	104
	5	aplicar frisos e borrachas portas	970
		montagem e afinação portas	1143
		rampa deficientes	68
		acabamentos escadas	220
		afinação+ conclusão tampa bagageira	27
	6	Relatório	1752